



M. Denneborg, F. Müller

# MONITORINGHANDBUCH (MHB)

Monitoringkonzept zur fortlaufenden Bewertung  
der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen in  
der Emscher-Lippe-Region

Gefördert durch:





## MONITORINGHANDBUCH (MHB)

Monitoringkonzept zur fortlaufenden Bewertung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen in der Emscher-Lippe-Region

*dynaklim* Ergebnisbereich E 2.4

Ausgabe 3, Stand März 2014

Dr. Michael Denneborg, Dipl.-Geol. Frank Müller

**ahu AG Wasser • Boden • Geomatik**

[www.ahu.de](http://www.ahu.de)

März 2014

---

*dynaklim*-Publikation Nr. 48

---



### Zusammenfassung

Für ein erfolgreiches Monitoring sind vier Kernelemente wichtig: Informationsbedarf gemäß Zielen, Indikatoren, Bewertungssystem und Handlungsoptionen. Das Monitoringhandbuch gibt mit Stand März 2014 für die einzelnen Ergebnisbereiche einen Überblick über die Anpassungsziele und den daraus resultierenden Informationsbedarf des Projektes *dynaklim*, über die Indikatoren, anhand derer die Zielerreichung gemessen, und es gibt ein Bewertungssystem, anhand dessen der Zielerreichungsstand bewertet werden kann. Es werden Handlungsoptionen aufgezeigt, die es ermöglichen, bei einer Zielabweichung gegenzusteuern. Bei einigen Ergebnisbereichen konnten diese vier Kernelemente eines Monitorings noch nicht vollständig benannt werden. Das Monitoringhandbuch ist so angelegt, dass es auch nach der Projektlaufzeit regelmäßig weiter fortgeschrieben werden kann.

## Inhalt

Vorwort .....	1
1 EINORDNUNG DES MONITORINGS IN DIE KLIMAAANPASSUNG UND DAS <i>DYNAKLIM</i> - FORSCHUNGSVORHABEN.....	2
1.1 Vorgehen und Methode bei der Konzeption einer Anpassungsstrategie.....	2
1.2 Arbeitsschritte bei der Erstellung einer Anpassungsstrategie .....	2
1.2 Umsetzung der Anpassungsstrategien in <i>dynaklim</i> .....	15
1.3 Auswahl einer Anpassungsstrategie am Beispiel Grundwasserbewirtschaftung (E3.1) .....	16
1.3.1 Wirkungsanalyse.....	16
1.3.2 Potenzialanalyse der Anpassungskapazität.....	17
1.3.3 Verwundbarkeit.....	18
1.3.4 Anpassungsstrategie.....	18
1.3.5 Roadmap und Monitoring .....	19
1.4 Anlass und Aufgabenstellung für ein Monitoring .....	21
1.5 Vernetzung mit anderen Aktivitäten in <i>dynaklim</i> .....	21
1.6 Aufgaben und Ziele des Monitorings .....	22
2 FACHLICHE GRUNDLAGEN .....	25
2.1 Monitoring Tailor Made (MTM) .....	25
2.2 Elemente des Monitoringkreises.....	26
2.2.1 Handlungsoptionen und Entscheidungen der Maßnahmenträger und Ergebnisadressaten .....	26
2.2.2 Informationsbedarf und Informationsstruktur .....	27
2.2.3 Systemanalyse und Monitoringstrategie.....	28
2.2.4 Daten, Indikatoren und Messnetzplanung .....	28
2.2.5 Messnetzeinrichtung .....	31
2.2.6 Datenerhebung.....	31
2.2.7 Datenmanagement.....	31
2.2.8 Datenanalyse .....	32
2.2.9 Indikatoren und Informationsbereitstellung .....	32
2.2.10 Bewertungssystem und Informationsnutzung .....	32
3 BEZUG ZU ANDEREN KLIMAWANDEL-RELEVANTEN MONITORING-PROGRAMMEN .....	34
3.1 Klimafolgenmonitoring in NRW.....	34
3.2 Monitoring im Kontext der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) .....	34
3.2.1 Operative Monitoringprogramme.....	35
4 UMSETZUNG DES MONITORINGS IN <i>dynaklim</i> .....	36
4.1 Beteiligte Organisationen und Personen am Monitoringprozess in <i>dynaklim</i> .....	36
4.2 Werkzeuge im Monitoringprozess .....	36

4.3.1	Workshops.....	36
4.3.2	Monitoringhandbuch.....	37
5	MONITORINGFELDER IN <i>DYNAKLIM</i> .....	38
5.1	Netzwerk/Wissenslandkarte/Anpassungskapazität/Wissenstransfer/ Begleitforschung (E1.3, E2.1, E2.2, E2.3).....	39
5.1.1	Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	39
5.1.2	Informationsbedarf, Informationsstruktur.....	39
5.1.3	Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen .....	39
5.1.4	Messdaten .....	40
5.1.5	Messnetz.....	40
5.1.6	Datenerhebung.....	40
5.1.7	Datenmanagement.....	40
5.1.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	40
5.1.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	41
5.2	Nachhaltige urbane Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung (E3.1).....	41
5.2.1	Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	41
5.2.2	Informationsbedarf, Informationsstruktur.....	42
5.2.3	Monitoringstrategie.....	42
5.2.4	Messdaten, Indikatoren .....	43
5.2.5	Messnetz.....	44
5.2.6	Datenerhebung.....	44
5.2.7	Datenmanagement.....	44
5.2.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	45
5.2.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	45
5.3	Nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung (E3.2).....	46
5.3.1	Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	49
5.3.2	Informationsbedarf, Informationsstruktur.....	49
5.3.3	Monitoringstrategie.....	49
5.3.4	Messdaten .....	49
5.3.5	Messnetz.....	50
5.3.6	Datenerhebung.....	50
5.3.7	Datenmanagement.....	50
5.3.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	50
5.3.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	50
5.4	Management konkurrierender Nutzungen von Grund- und Oberflächengewässer an der mittleren Lippe (E4.1).....	52
5.4.1	Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	54

5.4.2	Informationsbedarf, Informationsstruktur.....	54
5.4.3	Monitoringstrategie.....	55
5.4.4	Messdaten .....	55
5.4.5	Messnetz.....	56
5.4.6	Datenerhebung.....	56
5.4.7	Datenmanagement.....	56
5.4.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	56
5.4.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	56
5.5	Lösungen für eine sichere Trinkwasserversorgung (E4.1).....	57
5.5.1	Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	58
5.5.2	Informationsbedarf, Informationsstruktur.....	59
5.5.3	Monitoringstrategie.....	60
5.5.4	Messdaten .....	60
5.5.5	Messnetz und Datenerhebung .....	60
5.5.6	Datenmanagement.....	60
5.5.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	61
5.5.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	62
5.6	Siedlungswasserwirtschaft (E 4.2).....	63
5.6.1	Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	66
5.6.2	Informationsbedarf, Informationsstruktur.....	66
5.6.3	Monitoringstrategie.....	66
5.6.4	Messdaten .....	66
5.6.5	Messnetz.....	67
5.6.6	Datenerhebung.....	67
5.6.7	Datenmanagement.....	67
5.6.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	67
5.6.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	67
5.7	Stadtklimaverbesserung (E4.3).....	68
5.7.1	Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	68
5.7.2	Informationsbedarf, Informationsstruktur.....	68
5.7.3	Monitoringstrategie.....	68
5.7.4	Messdaten .....	68
5.7.5	Messnetz.....	69
5.7.6	Datenerhebung.....	69
5.7.7	Datenmanagement.....	69
5.7.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	69
5.7.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	70

5.8 Anpassungsstrategie „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ (E5.1) .....	71
5.8.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	71
5.8.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur .....	72
5.8.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen .....	72
5.8.4 Messdaten .....	72
5.8.5 Messnetz .....	73
5.8.6 Datenerhebung .....	73
5.8.7 Datenmanagement .....	73
5.8.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	73
5.8.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	73
5.9 Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems (E6.1) .....	74
5.9.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	74
5.9.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur .....	74
5.9.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen .....	74
5.9.4 Messdaten .....	74
5.9.5 Messnetz .....	74
5.9.6 Datenerhebung .....	74
5.9.7 Datenmanagement .....	74
5.9.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	74
5.9.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	75
5.10 Konzept zur Integration wasserwirtschaftlicher Organisations-, Finanzierungs- und Entscheidungsunterstützungsmodelle in der Region (E6.2) .....	76
5.10.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	76
5.10.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur .....	78
5.10.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen .....	78
5.10.4 Messdaten .....	78
5.10.5 Messnetz .....	78
5.10.6 Datenerhebung .....	78
5.10.7 Datenmanagement .....	78
5.10.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	78
5.10.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	79
5.11 Optimierung der Anpassungsfähigkeit des politischen, planerischen und Verwaltungshandelns (E7.1) .....	80
5.9.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen .....	80
5.9.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur .....	81
5.9.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen .....	81
5.9.4 Messdaten .....	81

5.9.5	Messnetz.....	81
5.9.6	Datenerhebung.....	82
5.9.7	Datenmanagement.....	82
5.9.8	Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung .....	82
5.9.9	Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring .....	82
6	WEITERE ENTWICKLUNG DES MONITORINGS .....	83

## Abbildungen

Abb. 1:	Ökologische Risikoanalyse durch Verschneidung von Bedrohung (Exposition) und Anfälligkeit (Empfindlichkeit) (links), versicherungstechnisches Risiko durch Verschneidung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmass (GTZ 2004) (rechts).....	4
Abb. 2:	Akteursebenen .....	5
Abb. 3:	Mögliches Gütesiegel Klimaanpassung „Coole Städte“ .....	11
Abb. 4:	Phasen des Roadmappings (Birke u. a. 2012) .....	13
Abb. 5:	Roadmap-Modul für das Beispiel „Sichere Wasserversorgung“ .....	14
Abb. 6:	Veränderung der Grundwasserneubildung (aus: <i>dynaklim</i> Publikation 33) .....	16
Abb. 7:	Klimawandel und der Weg zur Anpassungsstrategie .....	20
Abb. 8:	Arbeitsbereiche, Ergebnisbereiche und Ergebnisverantwortliche (aus dem Antrag).....	22
Abb. 9:	DPSIR Konzept (UNESCO 2006: Water a shared responsibility Water Report 2) .....	23
Abb. 10:	Anpassungsmaßnahmen in der DAS und <i>dynaklim</i> im DPSIR Kontext Monitoring (Quelle: bosch & partner 2010) .....	24
Abb. 11:	Monitoringkreis Monitoring Tailor Made (MTM) .....	25
Abb. 12:	Beispiel für die Indikatoren im Themenfeld 2: Nachhaltiger Verbrauch und Produktion (EUROSTAT 2007) .....	31
Abb. 13:	Beispiel für den Aufbau eines Bewertungssystems (Ampelsystem) .....	32
Abb. 14:	Beispiel für ein Monitoringsystem mit Zielen, Indikator, Bewertungssystem und Handlungsoption .....	33
Abb. 15:	Bereiche mit Grundwassermodellen in der Emscher-Lippe-Region (Stand 2013).....	43
Abb. 16:	Lage der Monitoring-Grundwassermessstellen in den Emscher-Lippe-Region .....	44
Abb. 17:	Betrachtungsgebiet Mittlere Lippe .....	52
Abb. 18:	Überschlägige Grundwasserbilanz in m <sup>3</sup> /s für trockene Sommer (ahu AG) .....	55

## Tabellen:

Tab. 1:	Ansatzpunkte zur Aktivierung von Anpassungspotenzial.....	7
Tab. 2:	Überblick über die betrachteten Szenarien bei der Grundwasserbewirtschaftung .....	17
Tab. 3:	Einordnung der Indikatoren im Monitoring in das DPSIR-Modell.....	23
Tab. 4:	Monitoring relevante Ergebnisbereiche in <i>dynaklim</i> und Entscheidungsträger.....	27
Tab. 5:	Überblick über die Ergebnisbereiche und Gruppierung.....	38
Tab. 6:	Stakeholder und grundsätzliche Anforderungen .....	53



## Vorwort

Das Monitoringhandbuch (MHB) dokumentiert fortlaufend den Kenntnisstand und die Vereinbarung zum Monitoringkonzept der Anpassungsmaßnahmen. Hierzu zählen auch Zwischenergebnisse, offene Fragen und verschiedene Lösungsansätze.

Die vorliegende dritte Fassung stellt das Ergebnis nach dem 3. Workshop und der Interpretation und Ergänzungen durch die ahu AG dar.

Das MHB soll idealerweise auch über die Projektlaufzeit hinaus Bestand haben, da viele Anpassungsmaßnahmen erst spät im Projekt bzw. nach dem Projekt begonnen werden.

Das Monitoring (bzw. die Ergebnisse) kann eine Grundlage für einen Klimaanpassungsindex (KAPI) der Städte oder Stadtregionen sein. Wenn dann in den sechs (noch zu bestimmenden) relevanten Anpassungsfeldern (z. B. Grund-/Regenwasser, Abwasser, Trinkwasser, Stadtklima, Politik und Verwaltung, Zivilgesellschaft, Wirtschaftsförderung) die Ampeln alle „auf Grün stehen“, ist die Anpassung an den Klimawandel geschafft.

Bis dahin dürfte es aber noch ein längerer Weg sein, auf dem das MHB eine Hilfe sein soll.

Aachen, März 2014

Dr. Michael Denneborg  
(ahu AG, Aachen)

# 1 EINORDNUNG DES MONITORINGS IN DIE KLIMAAANPASSUNG UND DAS DYNACLIM-FORSCHUNGSVORHABEN

Das Monitoring – zentrales Thema des Ergebnisbereichs E2.4 – hat allgemein die Aufgabe, Entscheidungsträgern relevante Informationen zu liefern, die eine Evaluierung und Steuerung eines Prozesses erlauben. Die konkrete Ausgestaltung und der Arbeitsfortschritt des Monitorings der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sind im vorliegenden Monitoringhandbuch (MHB) beschrieben.

Es wird deshalb zunächst dargelegt, welche Arbeitsschritte bei der Konzeption einer Anpassungsstrategie grundsätzlich zu berücksichtigen sind.

## 1.1 Vorgehen und Methode bei der Konzeption einer Anpassungsstrategie

Im Rahmen von *dynaklim* werden dynamische regionale Planungs- und Entwicklungsprozesse zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt bzw. optimiert. Diese Prozesse sollen zu Anpassungsstrategien in verschiedenen Arbeitsfeldern führen. Hierzu kommen in *dynaklim* bestimmte Methoden und Begriffe zur Anwendung, die im Folgenden definiert und in ihren Abhängigkeiten beschrieben werden.

Die Vorgehensweise wurde auf dem 2. Monitoring-Workshop am 04.08.2011 beim IWW in Mülheim vorgestellt und beschlossen.

Einen Überblick über die einzelnen Arbeitsschritte bis hin zu einer Klimaanpassungsstrategie geben die Abbildung 7 und die folgende Aufzählung der sechs Arbeitsschritte, die in Kap. 1.2 näher beschriebene werden:

- (1) Grüner Block: Externe Wirkungsanalyse mit Risikoanalyse (Ergebnis: Risiken ohne Anpassung)
- (2) Gelber Block: Interne Potenzialanalyse (Ergebnis: Anpassungskapazität)
- (3) Abschätzung der Verwundbarkeit (Ergebnis: Verwundbarkeit des Systems)
- (4) Strategieentwicklung (Ergebnis: Anpassungsstrategie und Anpassungsmaßnahmen)
- (5) Umsetzung (Ergebnis: Erhöhung der Robustheit des Systems)
- (6) Monitoring und Steuerung der Anpassungsstrategie (Ergebnis: fortlaufende Entwicklung)

Die Übersicht in Abbildung 7 ermöglicht auch die Zuordnung der einzelnen Arbeitsbereiche und Aktivitäten in *dynaklim*. Ein Beispiel ist die Grundwasserbewirtschaftung (E3.1): Hier wird vor allem eine Wirkungsanalyse durchgeführt. Auch die noch auszuwählenden Indikatoren im Monitoringkonzept für eine Anpassungsmaßnahme können so zugeordnet werden (z. B. durch Klimawandel gefährdete Infrastruktur: Wirkungsanalyse: Empfindlichkeit: Indikator: Anzahl der vernässten Keller).

## 1.2 Arbeitsschritte bei der Erstellung einer Anpassungsstrategie

Abbildung 7 zeigt die Arbeitsschritte bei der Erstellung einer Anpassungsstrategie.

### (1) Externe Wirkungsanalyse mit Risikoanalyse

#### **Exposition:**

In mehreren Teilvorhaben in *dynaklim* erfolgt eine Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels in Bezug auf verschiedene Faktoren. Im Bereich Grundwasser sind dies z. B. die Veränderung der

Niederschläge und der Temperatur sowie deren Folgewirkungen auf die Grundwasserneubildung und die Grundwasserstände. Andere Begriffe für die Exposition sind Eingriffsintensität, Eingriff, Veränderung.

**Empfindlichkeit:**

Die Empfindlichkeit beschreibt, wie empfindlich ein System (z. B. Artenzusammensetzung einer Feuchtwiese bezogen auf den Indikator: Feuchtezahl) auf eine spezifische Veränderung reagiert (z. B. Absinken der Grundwasserstände in der Vegetationsperiode um 0,5 m). Weil es hierbei um spezifische Eingriffe und Auswirkungen geht (hier die Veränderung der Feuchtezahl), gibt es in der Regel auch keine allgemeine „Empfindlichkeit“ z. B. gegenüber dem Klimawandel, sondern diese ist immer auf ein spezifisches Schutzgut bezogen.

Ein anderer Begriff für die Empfindlichkeit ist Sensitivität.

**Wirkungsmodelle:**

In den Wirkungsmodellen werden zum einen die klimatischen Entwicklung simuliert und prognostiziert (z. B. Berechnung zukünftiger Regenreihen und Grundwasserneubildung) und zum anderen mit der Empfindlichkeit überlagert (Risikoanalyse). Hierzu werden verschiedene numerische und analytische Modelle eingesetzt (Grundwassermodelle, Niederschlag-Abfluss-Modelle, Gewässergütemodelle, Kanalnetzmodelle, GIS-Verschneidungen etc.). Die Aussagegenauigkeit der Modelle wird in der Regel beschrieben und bewertet (Güte Kalibrierung, Sensitivität des Modells, Modellvalidierung, Unsicherheiten bei der Datenakquise etc.).

**Risikoanalyse:**

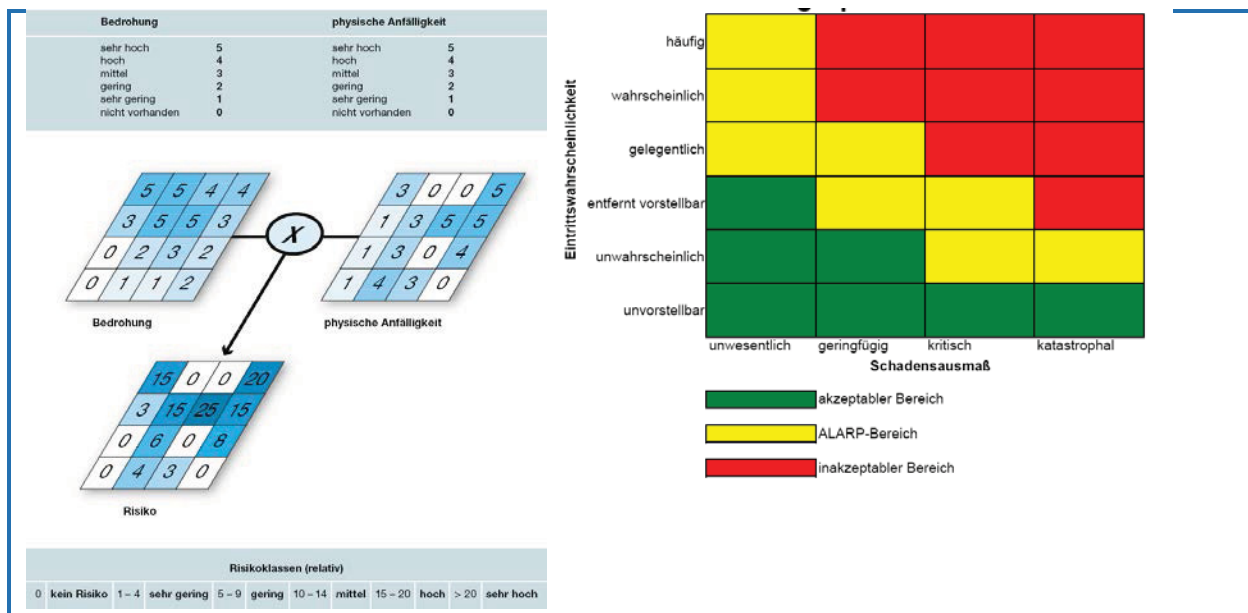
Die Abschätzung des Risikos folgt nach der Methode der ökologischen Risikoanalyse, d. h. es werden „Bedrohung“ (oder auch Exposition) und „Anfälligkeit“ (oder auch Empfindlichkeit) überlagert (Abb. 1). Dies erfolgt in der Regel mit analytischen (GIS-Verschneidungen) und/oder numerischen Modellen. Ergebnis bei GIS-Verschneidungen sind in der Regel qualitative Risikostufen (z. B. sehr hoch, hoch, mittel, niedrig, sehr niedrig). Bei numerischen Modellen besteht die Möglichkeit, das Risiko zu quantifizieren (z. B. Höhe und Häufigkeit bestimmter schädlicher Grundwasserstände und Gewässerabflüsse). Weiterhin können über die Modelle auch die unterschiedlichen Empfindlichkeiten verschiedener Nutzungen berücksichtigt werden und so potenzielle Auswirkungen – mit ihren spezifischen Unsicherheiten – prognostiziert werden. In späteren Modelldurchläufen ist dann auch die Wirkung von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen abschätzbar. Die ökologische Risikoanalyse dient oft dazu, Bereiche ohne Risiko auszuschließen, z. B. weil hier kein Eingriff erfolgt (z. B. außerhalb einer Überschwemmungszone), obwohl empfindliche Nutzungen auftreten, und um sich dann auf die Bereiche mit hohem Risiko zu fokussieren.

Das versicherungstechnische Risiko ergibt sich aus der Verschneidung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe. In manchen Fällen muss auch noch die Entdeckungswahrscheinlichkeit berücksichtigt werden, ehe der Schaden (zu) groß bzw. nicht mehr beherrschbar wird. Bei einem (Schadens-)Hochwasser ist die Entdeckungswahrscheinlichkeit 100 %; bei der Qualitätskontrolle von Lebensmitteln auf EHEC jedoch nicht. Sie kann auf Grundlage der ökologischen Risikoanalyse erfolgen (z. B. in den Bereichen der unterschiedlichen Risikohöhe).

In einer Risikoanalyse können – wie in *dynaklim* – sehr unterschiedliche (Umwelt-)Bereiche analysiert werden, also z. B. Grundwasser, Abwasser oder Trinkwasser. Sie ist aber auch anwendbar auf Gesundheit, Hochwasser, Atomkraftwerke oder Bankenstabilität. Je nach Anwendungsfall sind die Methoden und Werkzeuge bei der Ermittlung des Eingriffs/der Exposition und die zu betrachtenden Indikatoren sehr unterschiedlich, beim Grundwasser beispielsweise: Grundwassermodell und Grundwasserstand, bei der Bankenstabilität: Stresstest und Eigenkapital.

Ein letzter Schritt ist die Bewertung, z. B. in akzeptable und nicht akzeptable Risiken. Hierbei gilt es den „ALARP“-Bereich zu finden (risk: as low as reasonably practical) und die Handlungsschwelle zu

definieren – ein Unterfangen, das erfahrungsgemäß bei vielen unterschiedlichen Interessenlagen (z. B. Überflutungssicherheit) nicht einfach ist.



**Abb. 1:** Ökologische Risikoanalyse durch Verschneidung von Bedrohung (Exposition) und Anfälligkeit (Empfindlichkeit) (links), versicherungstechnisches Risiko durch Verschneidung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (GTZ 2004) (rechts)

## (2) Interne Potenzialanalyse

Die interne Potenzialanalyse kann sich auf verschiedene gesellschaftliche Systeme von der Einzelperson bis hin zu Volkswirtschaften beziehen. Sie ermittelt Anpassungskapazitäten an die durch den Klimawandel veränderte Umwelt. Schäden aufgrund der Veränderungen drohen vor allem Haushalten, Unternehmen, Kommunen und Organisationen, die kommunenübergreifend Aufgaben übernommen haben, z. B. EG/LV in der Gewässerbewirtschaftung und Abwasserentsorgung. Bund und Länder sind beispielsweise bei Staatswäldern oder Bundesverkehrswegen von Risiken betroffen. Bedroht sind einerseits Leben und Gesundheit von Menschen (in ihrem Haus, am Arbeitsplatz oder im öffentlichen Raum), Konsumgüter und Realkapital sowie die natürliche und kulturelle Umwelt. Anpassungsmaßnahmen sollten grundsätzlich von denen vorgenommen werden, die selbst oder deren Besitz/Eigentum den Risiken des Klimawandels ausgesetzt sind. Die Aufgaben von EU, Bund und Ländern liegen – jenseits von Anpassungsmaßnahmen an eigenen Unternehmen, Gütern und natürlichen Ressourcen – weitgehend darin, einen institutionellen Rahmen für die Anpassung von Haushalten, Unternehmen und Kommunen bereitzustellen und evtl. finanzielle Hilfen zu leisten. Die folgende Abb. 2 gibt einen Überblick über die Akteure.

Europäische Union					
anderer Mitgliedstaat	Bundesrepublik Deutschland				
...	anderes Bundesland	Bundesland NRW			
	...	kommunenübergreifender Verband			
		Kommune 1		Kommune 2	
		Kommune 3			
		Haushalte	Unternehmen	Haushalte	Unternehmen

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• v. a. konkrete Anpassungsmaßnahmen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelsetzung</li> <li>• Daten und Informationen über Klimawandel</li> <li>• evtl. finanzielle Hilfen</li> <li>• wenige konkrete Anpassungsmaßnahmen</li> </ul>

Abb. 2: Akteursebenen

Alle gefährdeten Akteure verfügen über ein Anpassungspotenzial, das es zu aktivieren gilt. Diese Aktivierung setzt zunächst voraus, dass den betroffenen Akteuren das Klimawandelproblem bewusst gemacht wird, somit Daten und Informationen bereitgestellt werden. Das Potenzial dazu ist vor allem auf EU-, Bundes- und Landesebene vorhanden, beispielsweise derart, dass Forschungsprojekte gefördert und Datenbanken aufgebaut werden. Das Anpassungspotenzial der Akteure selbst, die sich konkret anpassen sollten, kann zunächst in Wissen und Können unterteilt werden. Wissen betrifft einerseits Wissen vor Ort darüber, welche Risiken einer Kommune, einem Verband, einem Haushalt oder Unternehmen drohen (welche Verwundbarkeit besteht), andererseits Wissen darüber, wie eine Anpassung vorgenommen werden könnte. Das Können bezieht sich darauf, ob die für eine Anpassung erforderlichen Ressourcen – jenseits des Wissens – vorhanden sind oder beschafft werden können. Letzteres bedeutet in der Regel, dass auf finanzielle Mittel zurückgegriffen werden muss. Hier geht es um Ressourcen oder finanzielles Potenzial.

Inwiefern dieses Anpassungspotenzial (Wissen und Können) auch aktiviert wird, ist eine Frage des Wollens, Dürfens und evtl. Müssens. Ob ein problembewusster Akteur sich anpassen will, hängt an erster Stelle davon ab, ob eine Anpassung für einen Haushalt, ein Unternehmen, einen Verband oder eine Kommune lohnend ist. Das ist eine Frage der Nutzen und Kosten von Anpassungsmaßnahmen. Je größer der einzelwirtschaftliche Nutzen und je geringer die einzelwirtschaftlichen Kosten, desto eher werden Anpassungsmöglichkeiten genutzt werden. Dies wird aber nur für einen Teil der Akteure

zutreffen, weil für viele der Nutzen die Kosten nicht überwiegt oder der Nutzen auf Grund der Unsicherheiten in der Prognose nicht klar ist. Um das Wollen zu fördern, sind somit Potenziale zu erschließen, um Kosten weiter zu senken oder Nutzen zu erhöhen. Die Kosten sind einerseits finanzieller Art, wenn bspw. technische Schutzmaßnahmen ergriffen oder Pläne für einen in Zukunft auftretenden Anpassungsfall erarbeitet werden. Andererseits treten auch Transaktionskosten auf, vor allem Koordinierungskosten, die auch nicht-finanzieller Art sein können (u. a. Zeitbedarf). Diese zeigen sich, wenn für eine Anpassung die (widerstreitenden) Interessen mehrerer Akteure koordiniert und abgestimmt werden müssen. Bei gegebenem Nutzen (aus gegebenen Anpassungszielen) werden Anpassungspotenziale in größerem Ausmaß aktiviert, wenn die Anpassungskosten sinken. Insofern stellt sich die Frage nach Kostensenkungspotenzialen. Diese sind vor allem an folgenden Stellen zu suchen:

- Kosten der Informationsbeschaffung und Wissensgenerierung

Jeder vom Klimawandel betroffene problembewusste Akteur (Haushalt, Unternehmen, Kommune) wird über ein mehr oder weniger großes Wissen über seine Vulnerabilität und mögliche Schutzmaßnahmen verfügen. Informationen, die das Wissen vergrößern, können einerseits zufällig gewonnen werden. Sie können aber auch gezielt gesucht werden. Damit sind Informationskosten verbunden (Transaktionskosten), die dazu führen können, dass aufgrund unzureichender Suche nach Informationen Anpassungsalternativen nicht erkannt werden oder zu teuer erscheinen. Insofern sollte nach Potenzialen gesucht werden, die Informationskosten für Haushalte, Unternehmen und Kommunen zu senken.

- Kosten der Ressourcenbeschaffung/des Ressourceneinsatzes für Vorsorgemaßnahmen

Ressourcen sind finanzieller, personeller und technischer Art. Potenziale sind einerseits dahingehend zu suchen, ob Kapitalkosten für Anpassungsmaßnahmen reduziert werden können, bspw. in der Abhängigkeit von der Unternehmensform oder in Abhängigkeit vom Kreditgeber. Andererseits geht es um Kosten der zur Vorsorge eingesetzten technischen und personellen Ressourcen. Anpassungstechnik kann standardisiert sein und bereits Kostenvorteile durch Massenproduktion bieten. Sie kann aber auch eher einzelfallbezogen sein, was oft höhere Kosten mit sich bringt. Hier stellt sich die Frage nach Potenzialen kostensenkenden technischen Fortschritts bei Anpassungsmaßnahmen. Darüber hinaus ist nach Potenzialen zu suchen und sind neue Anpassungsmöglichkeiten zu entwickeln.

- Kosten der individuellen und kollektiven Anpassung durch Vorsorge und Versicherung

Anpassungsmaßnahmen können zum einen durch einzelne Akteure vorgenommen werden. Zum anderen ist es möglich, dass Maßnahmen ergriffen werden, die mehreren Akteuren zugute kommen. Damit können Skalenerträge und Verbundvorteile zusammenhängen. Diese führen dazu, dass die Kostenbelastung je geschütztem Akteur sinkt. Skalenerträge können bspw. entstehen, wenn Hochwasserschutz- oder Überflutungsrisiken durch kommunale Maßnahmen oder Verbandsmaßnahmen reduziert werden und nicht durch Maßnahmen einzelner Haushalte oder Unternehmen. Verbundvorteile entstehen dadurch, dass eine Kommune oder ein Verband eine Vielzahl von Leistungen unter einem Dach erbringt. Hier ist nach Potenzialen zu suchen, Kosten einer individuellen Anpassung durch Unternehmen und Haushalte durch kollektiv erbrachte Schutzmaßnahmen zu senken. Darüber hinaus können individuelle Kosten nicht nur durch kollektive planerische und technische Vorsorge, sondern auch durch Versicherungen gesenkt werden. Hier stellt sich die Frage, welche Potenziale ein bisher vermutlich unzureichender Versicherungsschutz von Betroffenen birgt, um unkalkulierbare finanzielle Belastungen aus Schäden durch die Zahlung von Versicherungsprämien zu begrenzen. Genauso wäre aber auch zu prüfen, inwieweit Anpassungsmaßnahmen sich wieder positiv auf Versicherungsbeiträge auswirken.

- Kosten der Koordination widerstreitender Interessen

Kosten treten auch auf, wenn durch eine Anpassung verschiedene Interessen berührt sind, die koordiniert und ausgeglichen werden müssen (z. B. zwischen Kommune und Bürger). Die Höhe dieser Koordinationskosten hängt von der Ausgestaltung von Koordinationsverfahren ab. Hier eröffnen sich

Kostensenkungspotenziale durch eine Umgestaltung von Verfahrensabläufen, bspw. durch eine stärkere oder frühere Einbeziehung von Bürgern.

Neben den Kosten bestimmt der Nutzen einer Anpassung das Wollen. Nutzen entsteht zunächst einmal daraus, dass ein Unternehmen, ein Haushalt oder eine Kommune durch Vorsorge materielle Schäden vermindert und Versicherungsprämien senken kann. Wenn der Nutzen von Anpassungsmaßnahmen nur den sich anpassenden Akteur betrifft, ist für das „Wollen“ allein die Kostenhöhe entscheidend. Entsteht aber auch ein zusätzlicher Nutzen für Dritte (hier treten sog. positive externe Effekte auf), bestehen auch auf der Nutzenseite Möglichkeiten, durch Nutzensteigerungen das Wollen einer Anpassung zu fördern. Hier sind Potenziale aufzudecken, ob

- zunächst unbeteiligte Nutznießer von Anpassungsmaßnahmen an den damit verbundenen Kosten beteiligt werden können,
- Maßnahmen erzwungen werden sollten, die zwar einzelwirtschaftlich für einen Haushalt, ein Unternehmen oder eine Kommune nicht vorteilhaft sind, für einen größeren Betroffenenkreis aber lohnend sind.

Selbst wenn grundsätzlich eine Anpassung gewollt wird und technisch/finanziell umsetzbar ist, können gesetzliche und untergesetzliche Regeln der Anpassung entgegenstehen. Akteure müssen sich anpassen „dürfen“. Anpassungspotenziale sind hier darin zu sehen, dass veränderte Regeln Handlungsspielräume eröffnen, die eine Anpassung überhaupt erst möglich oder unter Kosten-Nutzen-Betrachtungen lohnend machen. Derartige Regeln können die Finanzierung von Maßnahmen oder deren organisatorische und technische Umsetzung betreffen.

„Müssen“ schließlich fragt danach, ob Anpassungspotenziale dadurch erschlossen werden können, dass bestimmte Anpassungen in Zukunft vorgenommen werden müssen, weil es bereits heute in Regeln so verankert ist oder Regeln in der Richtung geändert werden könnten. Im Unterschied dazu fragt das „Dürfen“ danach, ob durch veränderte Regeln Anpassungsspielräume für Haushalte, Kommunen und Unternehmen eröffnet werden können, wobei die Nutzung dieser Spielräume aber der freien Entscheidung unterliegt. „Müssen“ kann Vorsorgemaßnahmen betreffen, wie sie sich bspw. heute schon (indirekt mit Blick auf die Trinkwasserqualität) aus der Trinkwasserverordnung ergeben. Müssen kann aber auch Versicherungsschutz betreffen wie die seit längerer Zeit diskutierte Pflichtversicherung für Elementarschäden. „Müssen“ kann Kosten senkend oder Nutzen erhöhend wirken.

In der folgenden Tab. 1 sind die Ansätze zusammenfassend dargestellt, um das Anpassungspotenzial in der *dynaklim*-Region zu aktivieren.

Ansatzpunkt	„Wissen“ vergrößern		„Können“ ermöglichen	„Wollen“ fördern	„Dürfen“ erweitern	„Müssen“ erzwingen
<b>Maßnahme</b>	Problem- bewusst- sein wecken	Informationen und Wissen über Vulnerabi- lität und Anpas- sungsmöglichke- iten vergrößern	Ressourcen (Technik, Personal) und Finanzmittel für Anpassung zu- gänglich machen	Anreize verbes- sern durch Nutzensteigerung und Kostensen- kung bei der Anpassung	Rechtliche und andere Hemmnisse abbauen	Zwang zur Vorsorge/ Versiche- rung ausüben
<b>Nutzen- erhöhung</b>	X			X	X	X
<b>Kosten- senkung</b>		X	X	X	X	X

Tab. 1: Ansatzpunkte zur Aktivierung von Anpassungspotenzial



Im Gegensatz zu den teilweise auch quantifizierbaren Risikoanalysen ist der ahu AG nicht bekannt, ob es auch eine zumindest qualitative und nachvollziehbare Einordnung einer Anpassungskapazität gibt (hoch, mittel, niedrig).

Weitere in *dynaklim* verwendete Begriffe in E7.1 – wo auch die Anpassungskapazität ermittelt wird – sind im Folgenden dargestellt (Zuordnung durch ahu AG):

Abb. 1	E7.1
Wissen	Wissen
Wollen	Führung Handlungsdisposition
Können	Ressourcen Integration organisationale Wandlungskapazität
Dürfen	entfällt
Müssen	entfällt

### (3) Abschätzung der Verwundbarkeit

Bevor eine Anpassungsstrategie (4) erstellt werden kann, ist die Abschätzung der Verwundbarkeit (vulnerability assessment) ein wichtiger Schritt, da hier erst die Notwendigkeit einer Anpassung bzw. der erforderliche Umfang festgestellt wird. Die Verwundbarkeit wird in Abhängigkeit von einem Akteur (z. B. Stadt Essen) und einem Indikator (z. B. Funktionsfähigkeit der Infrastruktur) ermittelt und kann deshalb sehr spezifisch ausfallen. Von daher gibt es keine allgemeine Verwundbarkeit.

Falls bei der Anpassungskapazität der Akteure Defizite festgestellt wurden (z. B. beim „Wissen“ um die Auswirkungen des Klimawandels oder beim „Dürfen“, weil die Zuständigkeiten für sinnvolle Maßnahmen nicht beim Akteur liegen), ist es sinnvoll, auch die Anpassungskapazität zu erhöhen, um die Verwundbarkeit zu verringern.

Auch hier ist wieder eine Verschneidung zwischen Risiko und Anpassungskapazität erforderlich, die ähnlich wie in Abb. 1 (rechte Seite) ablaufen kann. Da es sich um nur schwer quantifizierbare Elemente handelt, erfordert eine plausible und übertragbare Verwundbarkeitsanalyse eine hohe Abstimmung zwischen den Akteuren.

Bei einem vergleichsweise niedrigen Risiko (z. B. kleinere Überflutung alle 2 Jahre) und einer niedrigen Anpassungskapazität (z. B. kein Wissen um das Hochwasser, keine Vorsorge (Wollen), keine finanziellen Mittel (Können)) kann die Verwundbarkeit dennoch hoch sein, obwohl bereits wenig ausreichen würde, um die Verwundbarkeit zu verringern.

Ein System/eine Organisation kann aber auch zu folgendem Schluss kommen: Die zusätzlichen Veränderungen in den nächsten 50 Jahren sind gering – z. B. Grundwasseranstieg – (oder im Bereich der natürlichen Schwankungen im System), die zukünftigen Handlungsoptionen sind bekannt und erprobt (Dränagen und Pumpen) und werden im Rahmen des technischen Fortschritts berücksichtigt und deshalb ist die Verwundbarkeit gering.

### (4) Anpassungsstrategie

In der Verwundbarkeitsanalyse wird die Notwendigkeit einer Anpassung festgestellt (z. B. Zeitpunkte, Bereiche, Maßnahmen). Eine solche Anpassungsstrategie kann ganz unterschiedlich aussehen. Einige Möglichkeiten am Beispiel „Kellervernässung durch hohe Grundwasserstände“ sind:



- **Empfindlichkeit verringern:** Keller nachträglich wasserdicht abdichten und nur noch wasserdichte Keller bauen.
- **Schadenspotenziale verringern:** Keine hochwertigen Nutzungen mehr im Keller oder auf Keller verzichten.
- **Anpassung erhöhen:** Gesteuertes Absenken der Grundwasserstände durch Dränagen oder Brunnen (Grundwasserbewirtschaftung wie in E3.1).
- **Hinnehmen:** Akzeptanz der in nassen Jahren auftretenden Kellervernässung (Anfang der 70er Jahre, 1986, 2003).
- **Ausweichen:** Aufgabe der Wohn-Kellernutzung.

### Auswahl einer Anpassungsstrategie

Es gibt eine Reihe von Entscheidungskriterien und Analysen, die einzeln oder/und in Kombination – je nach System und Fragestellung – für die Entscheidungsfindung zu einer Anpassungsstrategie relevant sein können. Einige davon sind im Folgenden aufgeführt und kurz erläutert:

- i. Ökobilanz/Carbon Footprint
- ii. Kosten-Nutzen-Analyse
- iii. SWOT
- iv. Umweltverträglichkeit (UVP)/Nachhaltigkeit
- v. Soziale Auswirkungen
- vi. Anreizstrukturen/Förderungen
- vii. Gesetzliche Regelungen
- viii. Einzelereignisse
- ix. Megatrends
- x. Bürgerentscheide/Politik
- xi. Sonstige Entscheidungskriterien

### Ökobilanz/Carbon Footprint

Ökobilanzierung (Carbon Footprint) der Anpassungsmaßnahmen. Methode und Beispiele für Maßnahmen der Ökobilanz im Rahmen der Regenwasserbewirtschaftung werden in der A2.4.1 (Bewertung Adaptationsmaßnahmen durch UDE/AG Siwawi) entwickelt.

### Kosten-Nutzen-Analyse

Die wichtigste (und intuitivste) Analyse ist die Kosten-Nutzen-Analyse, wobei der Aufwand (einmalig (Invest), regelmäßig (Betriebskosten)) dem zu prognostizierten Nutzen und Erwartungsschaden bei Nicht-Handeln unter Berücksichtigung der Unsicherheiten gegenübergestellt wird.

### SWOT-Analyse

Eine SWOT-Analyse berücksichtigt mit Chancen (Opportunities) und Risiken (Threats) die externen Faktoren eines Systems und vergleicht sie mit den internen Schwächen (Weakness) und Stärken (Strength) eines Systems. Sie ist aber nur eine Möglichkeit der Analyse und wird gern bei Wirtschaftsunternehmen angewandt. Aus einer SWOT ergeben sich verschiedene typische Kombinationen:

- SO Stärke/Chancen-Kombination: Welche Stärken passen zu welchen Chancen? Wie können Stärken genutzt werden, so dass sich die Chancenrealisierung erhöht? Beispiel: Für einen Pumpenhersteller bedeuten steigende Grundwasserstände und eine Ausweitung einer Grundwasserbewirtschaftung Absatzchancen.
- ST Stärke/Risiken-Kombination: Welchen Risiken kann mit welchen Stärken begegnet werden? Wie können vorhandene Stärken eingesetzt werden, um den Eintritt bestimmter Risiken abzuwenden? Beispiel: Eine Kommune, die über ein aufwändig aufgebautes Trennsystem verfügt, kann anfallendes und störendes Grund- und Regenwasser einfach und kostengünstig ableiten.
- WO Schwäche/Chancen-Kombination: Wo können aus Schwächen Chancen entstehen? Wie können Schwächen zu Stärken entwickelt werden? Beispiel: Die rechtzeitige Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen bedeuten zukünftige Absatzchancen.
- WT Schwäche/Risiken-Kombination: Wo liegen die Schwächen und wie können wir uns vor Schäden schützen? Beispiel: Einer versiegelten Stadt ohne Grünflächen und Frischluftschneisen droht der Hitzekollaps. Ein entsprechender Stadtumbau ist erforderlich.

Aus den Analyseschritten einer SWOT-Analyse ergeben sich vor allem Hinweise auf die zukünftige Ausrichtung z. B. eines Unternehmens: z. B. Wo lohnen sich Investitionen?

### **Umweltverträglichkeit/Nachhaltigkeit**

Eine Anpassungsmaßnahme kann auch negative Auswirkungen für andere Umweltbereiche haben, die zu bewerten sind (z. B. Grundwasserabsenkungen schädigen Feuchtgebiete; Deichbau beeinträchtigt die Auendynamik).

Bei Anpassungsmaßnahmen (z. B. „ewige“ Grundwasserabsenkung, Fassadenisolierung mit schwer recycelbaren Materialien) sollte auch die Nachhaltigkeit bewertet werden. Nicht alle mittelfristig sinnvollen Maßnahmen sind auch dauerhaft nachhaltig.

### **Soziale Auswirkungen**

Im Rahmen der Entwicklung einer Anpassungsstrategie sollten auch sonstige externe (z. B. soziale) Faktoren berücksichtigt werden (z. B. hohe Kosten für Anpassungsmaßnahmen durch die Bürger und Verdrängung aus Stadtquartieren).

### **Anreizstrukturen/Förderungen**

Zum Beispiel Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen (Wärmedämmung).

### **Gesetzliche Regelungen**

Dies betrifft zzt. vor allem (noch) die Mitigation und noch weniger die Anpassung. Beispiele sind: Energieeinsparverordnung (ENEV), Erneuerbare Energien Gesetz (EEG), Klimaschutzgesetz NRW. Denkbar sind aber vergleichbare Regelungen auch für die Anpassung.

### **Einzelereignisse**

Beschleunigung oder Trendumkehr z. B. durch die Atomkatastrophe in Fukushima, Extreme Wetterereignisse etc.

### **Megatrends**

Der demographische Wandel, der Strukturwandel im Emschergebiet und der technische Fortschritt erfordern häufig eine Anpassung vieler Systeme (z. B. der Trinkwasserversorgungsinfrastruktur, Abwasserreinigung). Hierdurch werden vielfach auch die zukünftigen Auswirkungen durch den Klimawandel kompensiert.

### Bürgerentscheide

Bürgerentscheide (und/oder politischer Druck) können ebenfalls Treiber in eine bestimmte Anpassungsstrategie sein, auch wenn dies unter Kosten-Nutzen-Aspekten oder Nachhaltigkeitsaspekten nicht die beste Lösung und auch nicht immer nachvollziehbar ist (z. B. Bürgerentscheid gegen eine Stadtbahn in Aachen).

### Sonstige Entscheidungskriterien

.....

## (5) Umsetzung

Ziel einer Anpassungsstrategie ist es, die Robustheit eines Systems zu erhöhen und seine Verwundbarkeit gegenüber einer besonders nachteiligen oder gegenüber mehreren Auswirkungen des Klimawandels zu verringern.

Die Robustheit (z.B. für Klimaanpassung der Städte) kann ein integriertes Bewertungskriterium sein (Gütesiegel). Hierzu gehören nach Möglichkeit im Einzelnen aber mehrere quantifizierbare und abprüfbare Indikatoren für verschiedene Bereiche (z. B. aus dem Monitoringprozess und wie in Abb. 3 angedeutet).



Abb. 3: Mögliches Gütesiegel Klimaanpassung „Coole Städte“

## (6) Roadmap, Monitoring und Steuerung der Anpassungsstrategie

Für eine lang laufende Anpassungsstrategie ist ein roadmap Prozess unumgänglich. Dies erfolgt in *dynaklim* im Ergebnisbereich E2.2 und ist hier detailliert erläutert.

Roadmapping ist eine Methode der Strategieentwicklung für lange Zeithorizonte. Allerdings lassen sich die Folgen des Klimawandels erst zukünftig exakt analysieren; bis dahin müssen Planungen unter Unsicherheiten vorgenommen werden. Dies erfordert eine dynamische und kontinuierliche Fortschreibung regionaler Anpassungsstrategien. Durch seine Offenheit hinsichtlich Themen, Akteuren und Interessen sowie die kontinuierliche Überprüfung der Ziele und Ansätze in jeder Prozessphase wird das Roadmapping diesem Anspruch gerecht.

Als Weiterentwicklung bestehender Planungsinstrumente integriert die Roadmap bisher isoliert behandelte Einzelthemen, sektorale Ansätze und Insellösungen sowie relevante Akteure; mit der Roadmap werden anpassungsrelevante Ziele und Maßnahmen der regionalen Akteure koordiniert und Umsetzungsprioritäten in Abstimmung mit den Akteuren festgelegt und zeitlich strukturiert. Der Roadmap-Prozess ist daher hochgradig kollaborativ, partizipativ und kommunikativ.

Im Einzelnen weist die Roadmap folgende Wirkungsmerkmale auf (Birke u. a. 2011). Sie ist...

- kollaborativ: der gesamte Roadmap-Prozess wird in allen Phasen und Arbeitsschritten von Experten und Stakeholdern gemeinsam bearbeitet;
- integrativ: unterschiedliche Themen, Perspektiven und Interessen werden systematisch berücksichtigt, so dass Neben- und Wechselwirkungen erkennbar werden;
- prozessorientiert: über den Planungsprozess hinaus reicht das Roadmap-Verfahren bis in die partizipative Umsetzung von Maßnahmen (mit Zuständigkeiten, Fristigkeiten, Ressourcenbedarf);
- iterativ-reflexiv: der Roadmap-Prozess verläuft nicht linear und starr; vielmehr werden Zwischenergebnisse mit allen beteiligten Akteuren regelmäßig rückgekoppelt, so dass ein gemeinsamer, lernender Entwicklungsprozess von Experten und Stakeholdern stattfindet.

Der Roadmapping-Prozess durchläuft die vier Phasen Scoping, Forecasting, Backcasting und Erstellung der Roadmap (Birke u. a. 2011b):

**Die Roadmap-Fokus-Gruppe und *dynaklim*-Plattformen...**

- || definieren die Handlungsfelder und Leitziele,
- || bündeln Wissensbestände und -typen,
- || identifizieren Wissenslücken und -bedarfe,
- || erfassen existierende Leitbilder

**„SCOPING“**

- || entwickeln Szenarien und Leitbilder,
- || ermitteln Anpassungsbedarf und Anpassungspfade (wer kann, weiß, will, darf was?)

**„FORECASTING“**

- || bewerten und konkretisieren Anpassungspfade
- || entwerfen konkrete Lösungsansätze

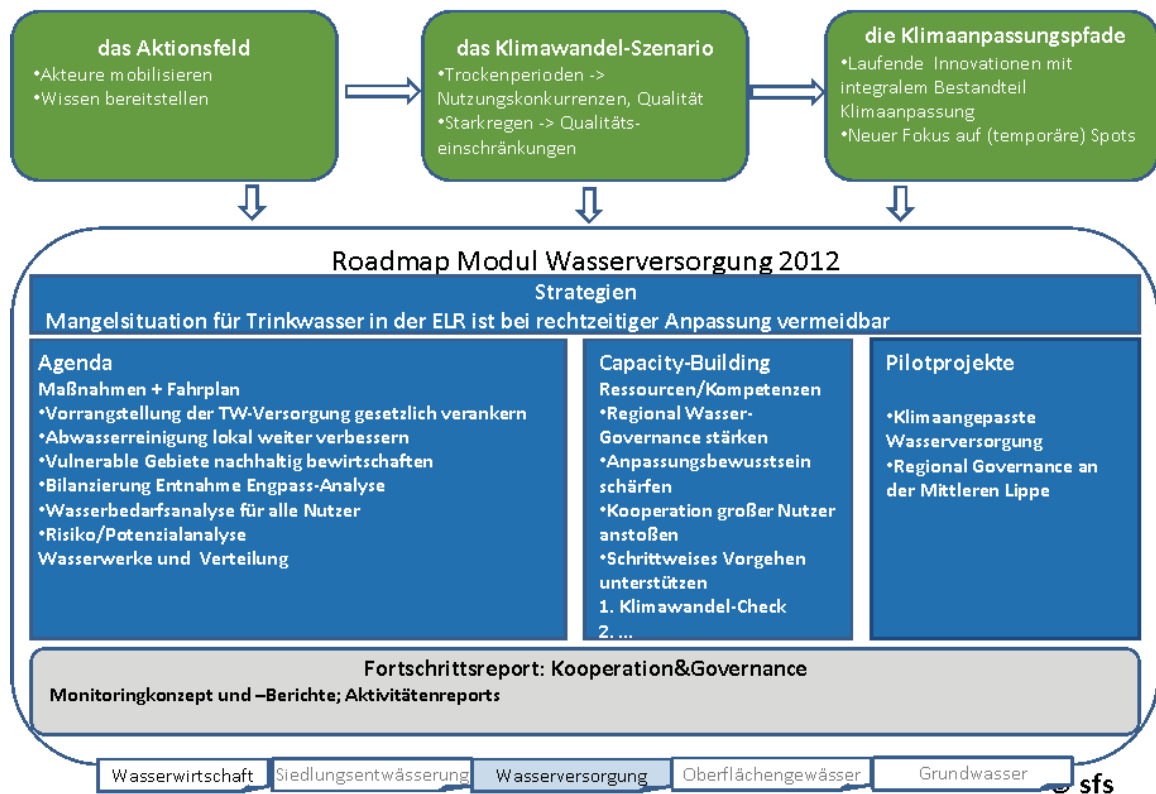
**„BACKCASTING“**

- || überführen die Ergebnisse in Strategie- und Maßnahmenfahrpläne

**ERSTELLUNG DER ROADMAP****Abb. 4: Phasen des Roadmappings (Birke u. a. 2012)**

Die Ergebnisse des Roadmap-Prozesses werden kompakt für die einzelnen Handlungsfelder – dem Roadmap-Modul in Abb. 5 – dargestellt (Birke u. a., 2012). Es enthält

- das Aktionsfeld, Klimawandelszenarien und Anpassungspfade;
- Maßnahmen, Capacity Development und Pilotprojekte;
- einen Fortschrittsreport, der den in diesem Handbuch dargestellten Monitoring-Zyklus (Ziele-Indikatoren-Bewertung-Handlungsoptionen) beinhaltet. Die Wirksamkeit von Maßnahmen zum Capacity Development wird in den Kategorien von Wissen – Wollen – Können – Dürfen – Müssen dargestellt.



**Abb. 5: Roadmap-Modul für das Beispiel „Sichere Wasserversorgung“**

Die Roadmap bleibt nicht bei der Entwicklung von Zukunftsstrategien stehen; vielmehr stellt sie auch einen Umsetzungsfahrplan mit Maßnahme-Profilen zur Verfügung, der konkrete Maßnahmen, Verantwortlichkeiten und den Ressourcenbedarf ausweist. Auch diese konkreten Maßnahmen gilt es in ihrer Wirksamkeit zu überprüfen. Bezogen auf Maßnahmen des Capacity-Developments erfolgt das Monitoring in den Kategorien von Wissen, Wollen, Können, Dürfen und Müssen, so dass hier ein Rückbezug auf die Anpassungskapazität in der Vulnerabilitätsanalyse gegeben ist.

## 1.2 Umsetzung der Anpassungsstrategien in *dynaklim*

Für die Ergebnisbereiche in *dynaklim* werden bei den einzelnen Anpassungsstrategien nur einzelne Bausteine bearbeitet; eine vollständige, dezidierte Bearbeitung **aller** Bausteine für eine Anpassungsstrategie erfolgte in *dynaklim* nicht. Allerdings können fehlende Aspekte (z. B. Anpassungskapazität der Region für die Grundwasserbewirtschaftung) auf Grundlage allgemeiner Kenntnisse und Einschätzungen ergänzt werden, auch wenn diese nicht explizit in *dynaklim* bearbeitet wurden.

Das Kernthema in *dynaklim* ist Wasser. Zu anderen Umweltbereichen können aber teilweise auch Hinweise gegeben werden. Zum Thema „Gesundheit“ kann *dynaklim* z. B. zur Exposition beim Indikator „Anzahl Hitzetage“ eine Aussage machen (aber schon nicht mehr zur Temperaturentwicklung in Wohnräumen). Zu den Wirkungsmodellen, zur Empfindlichkeit oder zur Anpassungskapazität sind zum Thema Gesundheit in *dynaklim* keine Aussagen zu erwarten.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Umfang der Bearbeitung der einzelnen Bausteine bei den jeweiligen Anpassungsstrategien mit Stand März 2014.

### 1.3 Auswahl einer Anpassungsstrategie am Beispiel Grundwasserbewirtschaftung (E3.1)

Im Folgenden erfolgt die Einordnung der Grundwasserbewirtschaftung (E3.1) in die oben beschriebene Vorgehensweise.

#### 1.3.1 Wirkungsanalyse

In E3.1 erfolgt eine detaillierte Wirkungsanalyse gemäß den folgenden Faktoren:

##### Exposition

Die Veränderung der Grundwasserneubildung zeigt die Abb. 6 (*dynaklim*-Publikationen Nr. 11, 14, 33). Grundlage sind die Berechnungen der papadakis GmbH zur Veränderung der Niederschläge und Temperaturen (*dynaklim*-Publikationen Nr. 30).

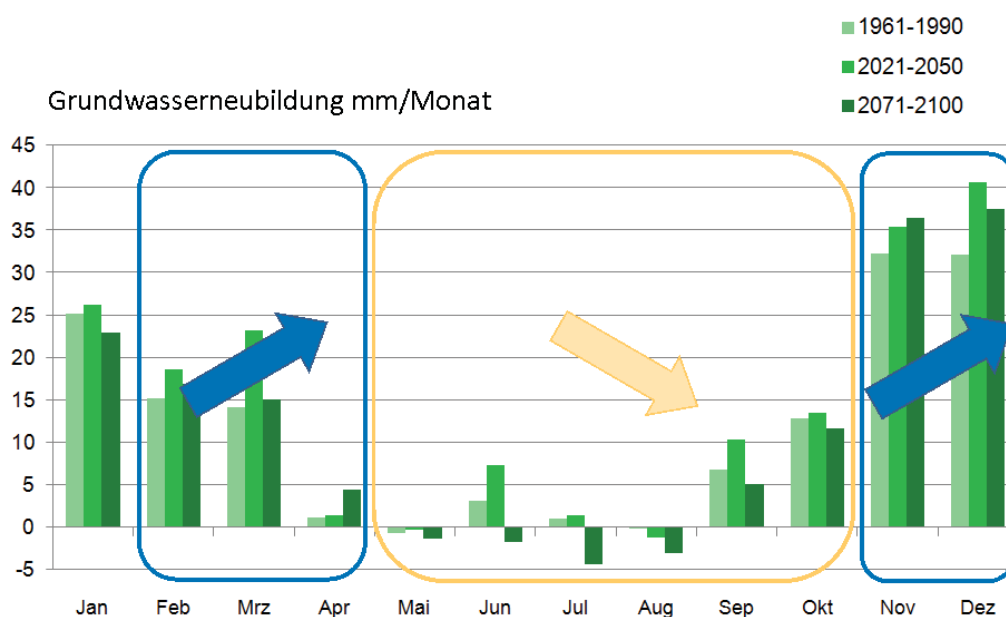


Abb. 6: Veränderung der Grundwasserneubildung (aus: *dynaklim* Publikation 33)

##### Empfindlichkeit

Es wird die Empfindlichkeit von unterkellerten Gebäuden hinsichtlich der Vernässung betrachtet. Hierbei werden nur die Gebiete betrachtet, in denen die Grundwasserstände anhand der Grundwassermodelle mehr als 0,25 Meter ansteigen (Aussagegebiet). Geringere Anstiege als 0,25 Meter werden als nicht signifikant erachtet. Empfindlich sind dann die Bereiche in den Aussagegebieten, in denen bei Wohngebäuden mit Kellern die Mindestflurabstände kleiner als 2,5 sind. Bei Gewerbegebieten ohne Unterkellerung gilt ein Mindestflurabstand von 1,0 Meter. Die Geländeoberfläche ergibt sich aus hochauflösenden digitalen Geländemodellen.

##### Wirkungsmodelle

Es werden folgende Modelle eingesetzt:

- Veränderung der Niederschläge und der Temperatur: Übernahme aus *dynaklim*-Publikation 30.
- Veränderung der Grundwasserneubildung: ArcGis gestützte Verschneidung *dynaklim*-Publikation Nr. 33).



- Veränderung der Grundwasserstände. Ermittlung über instationäre, zwei- und dreidimensionale Grundwassermodelle (Software SPRING) auf 202 km<sup>2</sup> (ca. 23 % der Fläche des Verbandsgebietes der Emschergenossenschaft, Abb. 12).

### Risikoanalyse

In der Risikoanalyse erfolgt eine Verschneidung der Kellersohlen mit den berechneten Grundwasserständen in SPRING für folgende vier Szenarien (Tab.2):

Nr.	GwNeubildung	GwStände	Kanäle	Ersatzsystem	Modellgebiet
1	<b>Ist-Zustand</b> (langjähriges Mittel 1961 – 1990)	Jahresmittel, halbjährlich und monatlich für mittlere Bedingungen	Ausgangszustand 100 % saniert, Ermittlung der Risikogebiete	Kompensation Kanalsanierung	Emscher-Mitte, Roßbach
2	Instationär, monatsweise für <b>Nahe Zukunft</b> (2021 – 2050)	Jahresmittel, halbjährlich und monatlich für Nahe Zukunft	Ausgangszustand 100 % saniert, Ermittlung der Risikogebiete	Kompensation Kanalsanierung + ReWaVersickerung + Auswirkung Klimawandel 2050	Emscher-Mitte
3	Instationär, monatsweise für <b>Ferne Zukunft</b> (2071 – 2100)	Jahresmittel, halbjährlich und monatlich für Ferne Zukunft	Ausgangszustand	Kompensation Kanalsanierung + Auswirkung Klimawandel 2100	Emscher-Mitte
4	<b>3 nasse Jahre</b> in Folge mit der Neubildung aus 2041	Jahresmittel, halbjährlich und monatlich für das 3. Jahr (hohe Gwstände)	Ausgangszustand 100 % saniert, Ermittlung der Risikogebiete	Kompensation Kanalsanierung + ReWaVersickerung + Auswirkung Klimawandel im 3. nassen Jahr	Emscher-Mitte, Roßbach

**Tab. 2: Überblick über die betrachteten Szenarien bei der Grundwasserbewirtschaftung**

Bei Unterschreitung der Mindestflurabstände (2,5 und 1 Meter) wird von einem Risiko für die Infrastruktur (Wohn- und Gewerbegebiete) ausgegangen. Bei den bisherigen stationären Modellberechnungen (Stand 2006) ist dies auf 134 km<sup>2</sup> der Fall.

### 1.3.2 Potenzialanalyse der Anpassungskapazität

Eine Potenzialanalyse der Anpassungskapazität wird in *dynaklim* nicht explizit durchgeführt. Die Anpassungskapazität wird jedoch wie folgt eingeschätzt.

**Wissen**

Die Region und vor allem die Städte und Kommunen sind über die Risiken und Möglichkeiten gut informiert. In 2004, 2008 und 2011 haben Workshops zur Grundwasserbewirtschaftung stattgefunden, die jeweils von 100 bis 150 Vertretern der Region besucht wurden.

Alle Städte (Planungsämter, Tiefbauämter, Untere Wasserbehörden) werden regelmäßig (jährlich) von der Emschergenossenschaft informiert.

Im Internet wurde ein interaktives Informations- und Planungstool aufgebaut (Bewirtschaftungsinformationssystem Grundwasser: BIS GW).

**Wollen**

Die Städte und die Emschergenossenschaft wollen die Grundwasserbewirtschaftung aktiv fördern. Hierzu ist – ähnlich wie die Zukunftsvereinbarung Regenwasser – auch eine Zukunftsvereinbarung Grundwasser geplant.

**Können**

Der technische Sachverstand ist bei der Emschergenossenschaft und den Städten vorhanden. Die Umsetzung der Anpassungsstrategie „Grundwasserbewirtschaftung“ wird seit 2012 in vier Pilotgebieten mit zeitweise zu hohen Grundwasserständen unter Beteiligung der Städte und betroffenen Bürger erprobt (Bochum-Riemke, Essen-Karnap, Herten-Hohewardstr. und Gelsenkirchen-Berger Feld).

**Dürfen**

Die Zuständigkeit für die Vorflutregulierung und der Grundwasserstände infolge des Bergbaus liegt gemäß Verbandsgesetz § 2 bei der Emschergenossenschaft. Über die Zuständigkeit für die allgemeine Grundwasserbewirtschaftung und die Abgrenzung zur Verantwortung des Bergbaus wird im Einzelnen noch verhandelt.

**Müssen**

Die Zuständigkeit für die Vorflutregulierung und der Grundwasserstände infolge des Bergbaus liegt gemäß Verbandsgesetz § 2 bei der Emschergenossenschaft.

**Insgesamt wird die Anpassungskapazität als hoch eingeschätzt.**

**1.3.3 Verwundbarkeit**

Auf Grund der hohen Anpassungskapazität ist trotz der aufgezeigten Risiken auf mehr als 100 km<sup>2</sup> die Verwundbarkeit gering.

**1.3.4 Anpassungsstrategie**

Die Anpassungsstrategie besteht in einer **Erhöhung der Anpassung (s. Kap. 1.2, (4))**. Dies soll über eine gesteuerte Regulierung der Grundwasserstände durch Dränagen oder Brunnen erfolgen (aktive Grundwasserbewirtschaftung). Die Gesamtkosten werden derzeit auf ca. 800 Mio. € geschätzt. Der Umsetzungszeitraum beträgt mehrere Dekaden. Das über die Dränagen oder Brunnen gefasste Grundwasser soll in die renaturierten Gewässer eingeleitet werden. Dort stärkt es den Niedrigwasserabfluss in den Sommermonaten und führt zu einer Stabilisierung der standortspezifischen Flora

und Fauna. Diese no-regret-Maßnahme bewirkt eine Anpassung mehrerer Bereiche des urbanen Wasserkreislaufs an den Klimawandel.

### **1.3.5 Roadmap und Monitoring**

Der Umsetzungszeitraum beträgt mehrere Dekaden.

Das Monitoringkonzept ist im MHB unter Kap. 5.2 detailliert beschrieben.

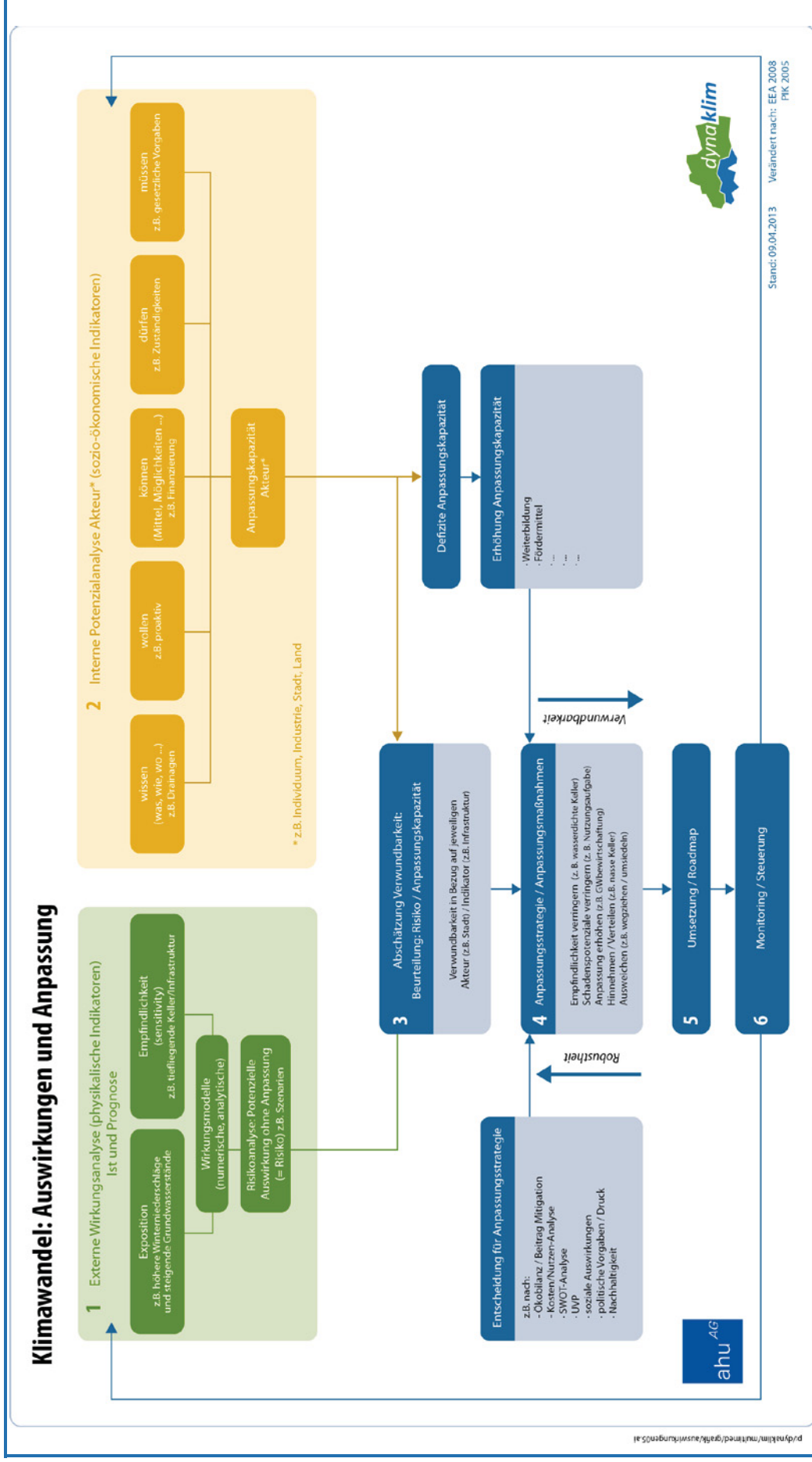


Abb. 7: Klimawandel und der Weg zur Anpassungsstrategie

## 1.4 Anlass und Aufgabenstellung für ein Monitoring

Durch den Klimawandel verändern sich die naturräumlichen Systeme. Dies und die sich darauf begründeten Anpassungsmaßnahmen führen zu veränderten sozioökonomischen und soziokulturellen Randbedingungen. Für Entscheidungsträger ist es vorrangig, in aggregierter Form Informationen über die Veränderungen durch den Klimawandel selbst und die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen zu erhalten, um geeignete Maßnahmen auszuwählen und diese steuern zu können.

Bislang existiert in der Emscher-Lippe-Region (und NRW) noch kein solches Monitoring. Aus diesem Grund wird im Rahmen von *dynaklim* ein über klimatisch-wasserwirtschaftliche Indikatoren (Grundwasserstand, Niederschlag etc.) hinausgehendes Monitoringkonzept zur Bewertung der Wirksamkeit und Nachhaltigkeit eingeleiteter Adaptationsstrategien und Anpassungsmaßnahmen entwickelt.

Ziel ist nicht das Monitoring des Erfolgs einzelner Teilmaßnahmen (z. B. optimierte Steuerung eines Regenrückhaltebeckens), sondern des gesamten Anpassungsprozesses, wie er in den Ergebnisbereichen von *dynaklim* zusammengefasst wird. Dies könnte letztlich in der Entwicklung eines „Klimaanpassungsindex“ münden, der – ähnlich wie heute selbstverständliche Attribute wie „fahrradfreundlich“ oder „familienfreundlich“ – zukünftig auch in der Städtewerbung verwendet werden könnte (siehe Abb. 3).

## 1.5 Vernetzung mit anderen Aktivitäten in *dynaklim*

Der Aufbau des Monitorings erfordert die Einbindung verschiedener Arbeiten und Ergebnisse aus den Arbeitsbereichen AB 2 bis AB 7 (Abb. 8).

Der AB 1 (E 1.3) wird gesondert betrachtet (s. Kap. 5, Monitoringfelder).

Die Ergebnisse der Begleitforschung (E 1.4) werden nachrichtlich im Monitoring übernommen („Woran merkt die Region, dass mit *dynaklim* ein neuer Akteur in der Region zum Thema Anpassung an den Klimawandel aktiv ist“). Sie sind letztlich auch ein Indikator dafür, inwieweit das Wissensmanagement (E2.1, E2.3) und die Netzwerkbildung (E1.3) erfolgreich waren.

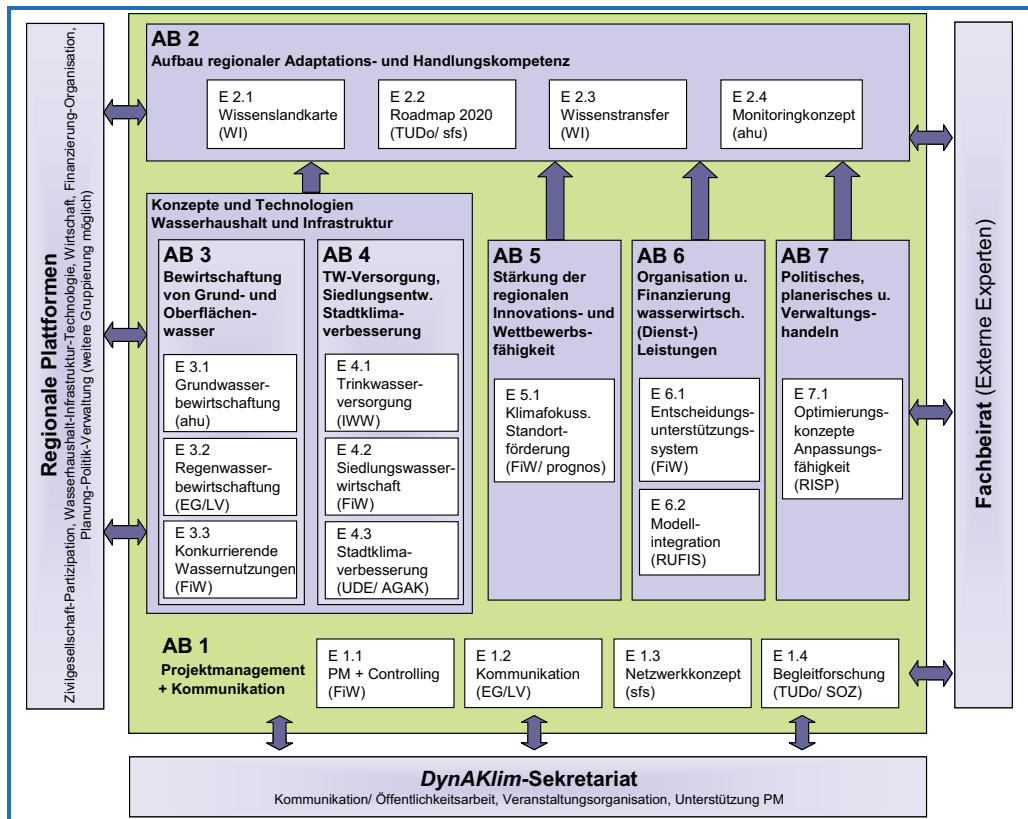


Abb. 8: Arbeitsbereiche, Ergebnisbereiche und Ergebnisverantwortliche (aus dem Antrag)

In den E 5.1 und E 6.2 wird die Zuarbeit koordiniert und es erfolgen Vorschläge für die Integration von Indikatoren in das Monitoringkonzept. Dadurch bietet sich die Möglichkeit, die in den anderen Arbeitsbereichen von *dynaklim* erarbeiteten Teilergebnisse übergreifend dahingehend zu bewerten, ob und in welchem Maße diese in einem Anpassungsprozess eine messbare, relevante und nachhaltige Rolle spielen.

Eine besonders enge Zusammenarbeit erfolgt mit der Aktivität A6.2.4 (Entscheidungsunterstützungssystem: FiW). Weiterhin erfolgt eine Analyse von „Best-practice“ Beispielen für wassersensible stadtplanerische Maßnahmen zur regionalen Anpassung an den Klimawandel (Vorschläge von SIWAWI und EG/LV) hinsichtlich aussagekräftiger Indikatoren.

## 1.6 Aufgaben und Ziele des Monitorings

Das Monitoring in *dynaklim* beschränkt sich auf die verschiedenen Anpassungsmaßnahmen, wie sie in den 14 Ergebnisbereichen (außer AB 1) erarbeitet werden (Abb. 8).

In Bezug auf das DPSIR Modell zur Darstellung von (Umwelt-)belastungen und Auswirkungen, wie es z. B. von der EEA (European Environment Agency) verwendet wird, bezieht sich das Monitoring in *dynaklim* nur auf die Anpassungsmaßnahmen (response). Der Gesamtzusammenhang ist in der Tab. 3 und in der Abb. 9 dargestellt.

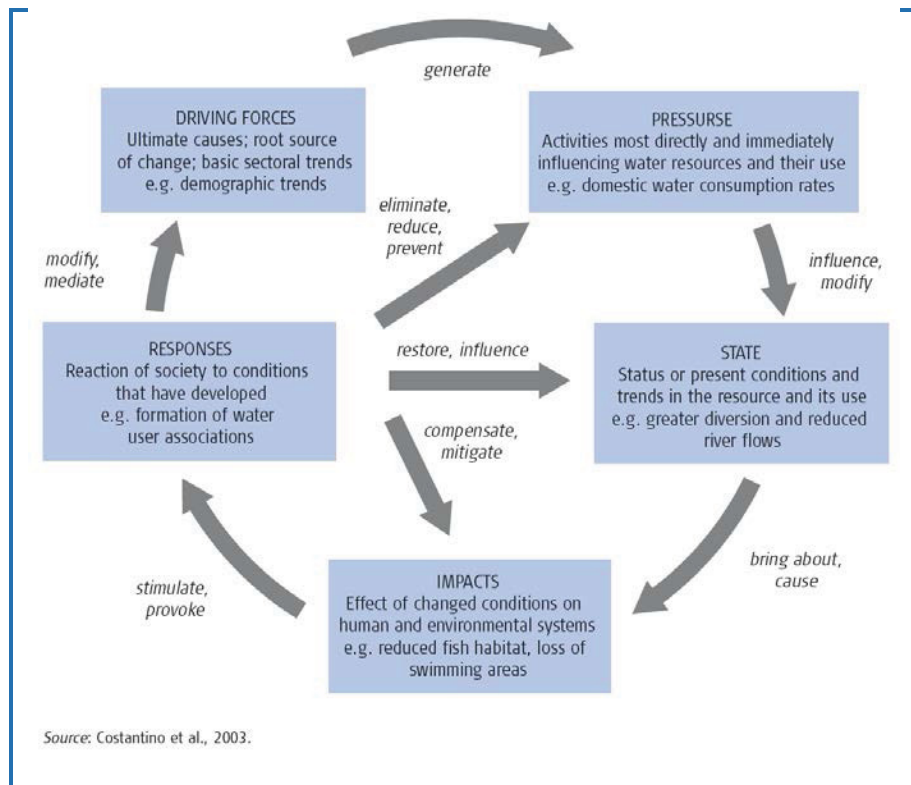


Abb. 9: DPSIR Konzept (UNESCO 2006: Water a shared responsibility Water Report 2)

Einflussgrößen		Beschreibung	Indikatoren / Beispiele
driving forces <b>D</b>	Treibende Kräfte, die eine Auswirkung auf das Klima haben	Energieerzeugung, Verkehr, Landwirtschaft	Stromerzeugung aus fossilen Rohstoffen Fläche Intensivanbau
Pressures <b>P</b>	...die daraus resultierenden Veränderungen...	Veränderungen der Atmosphäre (Treibhauseffekt)	Konzentration an klimawirksamen Gasen
Status <b>S</b>	...der Zustand des Klimas...	Klimadaten	Temperaturmittelwerte Häufigkeit/Intensität Starkregen
Impact <b>I</b>	...die spezifischen Auswirkungen...	Klimawandel	Höhe des Meeresspiegels Hochwasserereignisse Dürreperioden
Response <b>R</b>	...die Anpassung(smaßnahmen) an das veränderte Klima....	z. B. in der Siedlungswasserwirtschaft	Überstauhäufigkeit Kanalnetz, Schadenshöhe

Tab. 3: Einordnung der Indikatoren im Monitoring in das DPSIR-Modell

Die Abb. 10 zeigt die Einordnung der Maßnahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) in ihren 14 Handlungsfeldern der DAS. Die Maßnahmen sollen die verschiedenen Auswirkungen (impacts) in den 14 Handlungsfeldern vermindern oder kompensieren. Die 14 Handlungsfelder sind nur auszugewei dargestellt.

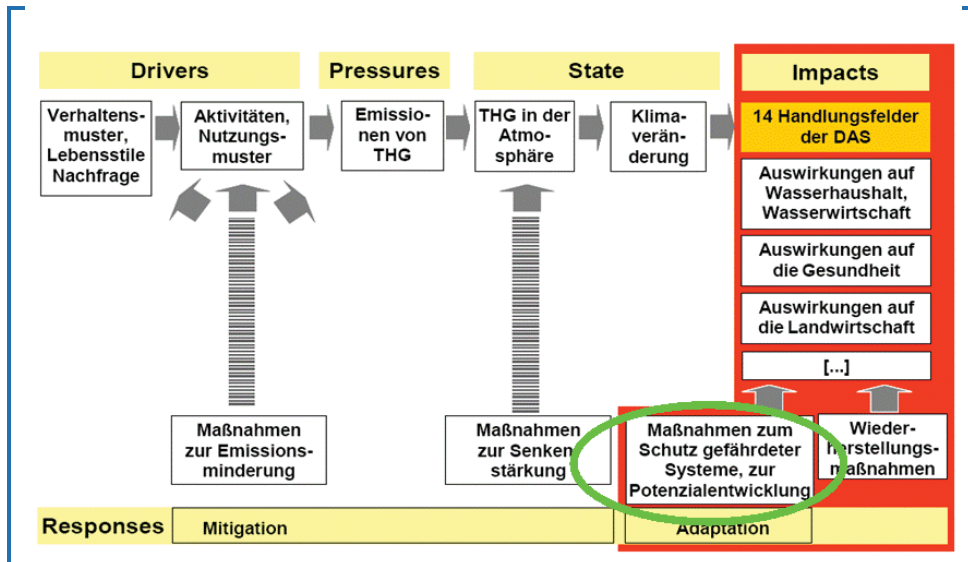


Abb. 10: Anpassungsmaßnahmen in der DAS und *dynaklim* im DPSIR Kontext Monitoring (Quelle: bosch & partner 2010)



## 2 FACHLICHE GRUNDLAGEN

### 2.1 Monitoring Tailor Made (MTM)

Die fachlichen Grundlagen in dem hier zu entwickelten Monitoring beruhen auf den bislang vier Fachtagungen „Monitoring Tailormade (MTM)“ (<http://www.mtm-conference.nl><sup>1</sup>), die zwischen 1994 und 2003 unter Beteiligung der UN/ECE und dem International Water Assessment Center (IWAC) organisiert wurden, und den langjährigen Erfahrungen der IAWG AG aus komplexen Monitoringprojekten:

- Monitoring der Umweltauswirkungen des Tagebaus Garzweiler II in den Bereichen Grundwasser, Oberflächengewässer, Feuchtbiotope, Wasserversorgung, Abraumkippe und Restsee. Laufzeit seit 1999 bis ca. 2100.
- Monitoring der umweltschonenden Grundwassergewinnung im Vogelsberg. Laufzeit seit 1991.
- Monitoring der Umweltauswirkungen des Steinkohlenbergbaus Walsum in den Bereichen Grundwasser, Natur und Landschaft und Bergbau und Nutzung. Laufzeit seit 2002.

Den Grundaufbau eines Monitoring Tailor Made zeigt die Abb. 11.

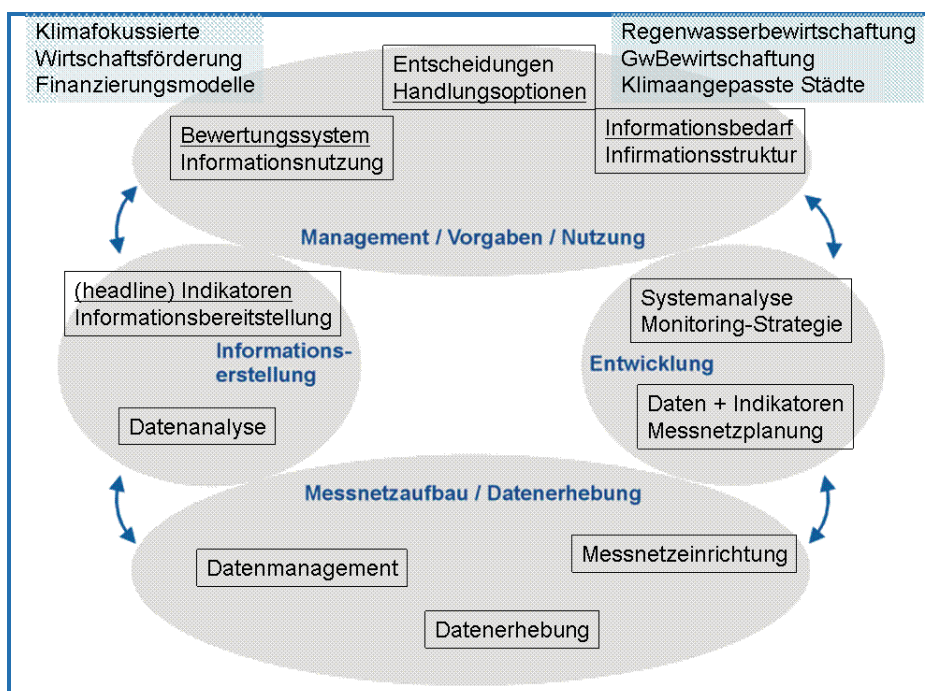


Abb. 11: Monitoringkreis Monitoring Tailor Made (MTM)

Es sollte versucht werden, bei einem Monitoring vier Kernelemente zu berücksichtigen, die ein erfolgreiches Monitoring ausmachen. Diese sind im Monitoringkreis unterstrichen.

Das erste Grundelement eines Monitoring Tailor Made (MTM) ist die Definition der **Ziele und des Informationsbedarfs** der Entscheidungsträger. Dieser steuert ein Monitoring und nicht der (fast unendliche) Umfang der messbaren Parameter oder ein vorhandenes Messnetz. Erst wenn der Informati-

<sup>1</sup> UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment (2000): Guidelines on monitoring and assessment of transboundary rivers, p. 12, publ. by RIZA.

onsbedarf der Entscheidungsträger feststeht, werden Messnetze, Parameter, Auswertemethoden etc. konzipiert.

Das zweite Grundelement ist die Ableitung weniger, transparenter und aussagekräftiger **Indikatoren** (headline indicator) aus der Vielzahl der Messwerte und Parameter, anhand derer Prozesse (wie z. B. die Klimaanpassung) zunächst beurteilt und ggf. auch gesteuert werden können. Ein sehr einleuchtendes (wenn auch nicht ganz treffendes) Beispiel für einen solchen Indikator, der den fortschreitenden Klimawandel quantifiziert, ist der Beginn der Apfelblüte<sup>2</sup>. Diese findet heute ca. 15 Tage früher statt als 1960 ([http://nadaktuell.ifl-leipzig.de/Klimawandel.5\\_05-2008.0.html](http://nadaktuell.ifl-leipzig.de/Klimawandel.5_05-2008.0.html)).

Das dritte Grundelement ist ein **Bewertungssystem** für die Indikatoren. Dies kann optimalerweise ein Ampelsystem sein (grün – gelb – rot), so dass Entwicklungen und deren Bewertung („Alles im grünen Bereich“ „die rote Lampe geht an“) schnell und eingängig vermittelt werden können.

Das vierte Grundelement sind **Handlungsoptionen**, die eng mit dem Bewertungssystem verknüpft sind. Bei Abweichungen werden zuvor erarbeitete, nach Möglichkeit erprobte und definierte Handlungen ausgelöst, die geeignet sind, die Entwicklungen zu steuern. Dies ist auch wiederum eng mit dem Informationsbedarf und den Zielen der Entscheidungsträger (erstes Grundelement) verknüpft.

## 2.2 Elemente des Monitoringkreises

Die Elemente des Monitoringkreises sind im Folgenden in allgemeiner Form beschrieben. In Kap. 5 erfolgt eine Beschreibung bezogen auf die einzelnen Ergebnisbereiche, für die ein Monitoringkonzept in *dynaklim* erstellt wird.

Zu umfangreiche Dokumente (v. a. Methodenbeschreibungen) werden getrennt dokumentiert (z. B. Methodenhandbuch).

### 2.2.1 Handlungsoptionen und Entscheidungen der Maßnahmenträger und Ergebnisadressaten

Nutzer des Monitorings sind in erster Linie die Entscheidungsträger in der Emscher-Lippe-Region für die Umsetzung der in *dynaklim* konzipierten Anpassungsmaßnahmen. Eine erste Übersicht über die Anpassungsmaßnahmen und die Entscheidungsträger gibt die Tab. 4.

Die Handlungsoptionen bei einem unerwünschten Verlauf der Anpassungsmaßnahmen werden im Einzelnen in Kap. 5 beschrieben.

---

<sup>2</sup> Der Beginn der Apfelblüte ist allerdings noch von vielen anderen Faktoren abhängig (z. B. Verbreitung neuer Sorten), so dass in der Diskussion die biologischen Indikatoren und leicht nachvollziehbaren Indikatoren leider etwas an Stellenwert verloren haben (4. Umweltbeobachtungskonferenz 2010 in Essen).

Bez.	Kurztitel Ergebnis	Wichtige Entscheidungs- und Maßnahmenträger
E1.3	Netzwerkkonzept	<i>dynaklim</i> -Konsortium
E2.1	Wissenslandkarte	-Konsortium
E2.2	Adaptationskompetenz generieren und nutzen (Roadmap 2020)	<i>dynaklim</i> -Konsortium
E2.3	Region informieren, bilden und beraten (Wissenstransfer)	<i>dynaklim</i> -Konsortium
E3.1	Nachhaltige urbane Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung	EGLV, Tiefbauämter, BR, MKULNV (?)
E3.2	Innovative Konzepte für eine sichere und anpassungsfähige Regenwasserbewirtschaftung	EGLV, Tiefbauämter, BR, MKULNV
E3.3	Management konkurrierender Nutzungen von Grund- und Oberflächengewässer	Stakeholder Mittlere Lippe, Bezirksregierung
E4.1	Lösungen für eine sichere Trinkwasserversorgung	Wasserversorger
E4.2	Potenzial einer anpassungsfähigen Siedlungswasserwirtschaft	EGLV, Tiefbauämter, BR
E4.3	Handlungsleitfaden Stadtklimaverbesserung	Städte und Kommunen, EGLV
E5.1	Anpassungsstrategie „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“	Stakeholder der regionalen Wirtschaftsentwicklung
E6.1	Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems	Kommunale Ämter/Behörden/Wasserverband/Institutionen/Interessenvertretungen/Bürgergruppen/etc.
E6.2	Konzept zur Integration wasserwirtschaftlicher Organisations-, Finanzierungs- und Entscheidungsunterstützungsmodelle in der Region	Kommunale Ämter/Behörden/Wasserverbände/Interessenvertretungen/Bürger/Unternehmen (Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, sonstige).
E7.1	Optimierung der Anpassungsfähigkeit des politischen, planerischen und Verwaltungshandelns	Kommunale Ämter/Behörden

**Tab. 4:** Monitoring relevante Ergebnisbereiche in *dynaklim* und Entscheidungsträger

Neben der Information der Entscheidungsträger sollte auch für die Öffentlichkeit aufgezeigt werden, wie erfolgreich die Anpassung an den Klimawandel in den einzelnen Ergebnisbereichen verläuft (z. B. in 5- bis 10-jährlichen Berichten).

### 2.2.2 Informationsbedarf und Informationsstruktur

Ausgehend von den Handlungsoptionen und den sich daraus ableitenden notwendigen Entscheidungen wird der Informationsbedarf und die Struktur, in der die Informationen vorliegen sollen, definiert.

Hieraus ergeben sich wissenschaftliche, technische, soziologische oder kulturelle Fragestellungen (= Informationsbedarf) wie z. B.:

- Was sind die aktuellen Erkenntnisse über den Klimawandel hinsichtlich Grundwasserständen, Starkregen, Anzahl der Tage mit Höchsttemperaturen (Hitzetage, tropische Nächte)?
- Welche Gebiete/Strukturen sind davon besonders betroffen (z. B. Klimarisikoflächen, A3.2.5, Analyse und Risiken dauerhaft erhöhter oder extrem hoher GW-Stände für Siedlungs-, Wirtschafts- und Ver-/Entsorgungsstruktur)?
- Gibt es eine zunehmende Sensibilisierung für das Thema Klimawandel? Wie kann das belegt werden?
- Welche ökonomischen Verbesserungen ergeben sich durch die Anpassung? Wie kann das belegt werden?
- Gibt es spezielle Gebührenmodelle, die eine verbesserte Klimaanpassung berücksichtigen?
- Wie ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis? Ressourcenkosten? CO<sub>2</sub>-Bilanz (Carbon footprint), Nachhaltigkeit?

Die Informationsstruktur legt fest, wie die Informationen bereitgestellt werden sollen. Dies kann z. B. bedeuten:

- „harte“ Messwerte in Maß oder Zahl,
- aggregierte Indikatoren,
- unterstützende Indikatoren, die z. B. nur im Zusammenhang mit anderen Indikatoren Aussagen liefern können,
- sonstige Informationen.

### **2.2.3 Systemanalyse und Monitoringstrategie**

Hier ist im Einzelnen zu beschreiben, welche Wirkungsbeziehungen zwischen dem Klimawandel(signal) und einer Anpassungsmaßnahme bestehen, damit die geeignete Monitoringstrategie gewählt werden kann. Typische Fragen sind z. B.

- Wie reagieren die Gewässer bei einer veränderten Regenwasserbewirtschaftung?
- Welche Auswirkungen werden bei einer erfolgreichen klimafokussierten Wirtschaftsförderung erwartet? Wie schnell?
- Mit welcher Monitoringstrategie lassen sich die genannten Veränderungen effizient erfassen?
  - „harte“ Einzelmesswerte, aggregierte oder unterstützende Indikatoren
  - Regelmäßige Messung/Erhebung
  - Modellrechnungen (Soll/Ist-Vergleiche)

### **2.2.4 Daten, Indikatoren und Messnetzplanung**

Für den Informationsbedarf sind jeweils geeignete Indikatoren oder Indikatorengruppen zu entwickeln (wie z. B. Messgrößen für die „klimaangepassten Möglichkeiten der Organisation und Finanzierung wasserwirtschaftlicher Dienstleistungen“ in E 6.2). Hierbei sind auch die Ergebnisse aus anderen KLIMZUG-Projekten bzw. aus den durch das UBA initiierten Forschungsvorhaben zu berücksichtigen (s. Kap 3.2). Ziel ist es vor allem, auch für solche Kriterien aussagekräftige Indikatoren und Bewertungssysteme zu entwickeln bzw. aus den AB 5, AB6 und AB7 zu integrieren (Abb. 8), die bislang nicht in bereits aufgebauten Monitoringkonzepten (Klimafolgenmonitoring) berücksichtigt wurden.

Die Indikatoren ermöglichen es, den Anpassungsprozess zu beschreiben, die Anpassungsmaßnahmen zu bewerten und letztlich die Grundlage für eine Steuerung des Anpassungsprozesses zu schaffen. Im Folgenden werden Hinweise und Beispiele für die Auswahl und Definition von Indikatoren unter verschiedenen Gesichtspunkten gegeben.

**Typische Leitfragen sind:**

- Mit welchen Daten/Indikatoren können die Wirkungen der Anpassungsmaßnahmen beschrieben werden?
- Wie lassen sich (Einzel-)Daten zu Indikatoren aggregieren? Zum Beispiel Sekündliche Gewässerabflüsse zu Überflutungsjährlichkeiten.
- Wo, wie oft und auf welche Weise müssen die Daten erhoben werden?

**Indikatoren und Indikatorengruppen im *dynaklim*-Antrag:**

Im Antrag wurden bereits folgende Indikatoren, Indikatorengruppen und Fragestellungen genannt (Nummern der Ergebnisbereiche in Abb. 6, Tab. 5):

- Biologisch-ökologische Indikatoren (aus E3.2).
- Ressourcenverbrauch, Wirtschaftlichkeit, Umwelt- und Ressourcenkosten (aus E2.4, A2.4.1).
- Akzeptanz technischer, ökonomischer oder sozialer Lösungen (aus E1.4, E6.1 und E6.2).
- Lebensqualität, Image der Region (aus E1.4).
- Innovationspotenzial, Übertragbarkeit, Vermarktbarkeit (aus E5.1).
- Bewirtschaftungsaufwand, -verantwortlichkeit, Folgekosten bei Umsetzung von Organisations- und Finanzierungsmodellen (aus E6.1 und E6.2).
- Wirksamkeit von administrativen, prozess- oder strukturverändernden Maßnahmen (aus E7.1).

In den einzelnen Abschnitten in Kapitel 5 wird dargestellt, inwieweit die im Antrag angedachten Indikatoren umgesetzt werden konnten.

**Aspekte von Indikatoren gemäß UNDP**

Aus Sicht der United Nations Development Program (UNDP<sup>3</sup>) haben Indikatoren für Maßnahmen vier Aspekte:

- Reichweite (coverage): Wie viele Maßnahmen wurden umgesetzt? Wie viele Stakeholder sind beteiligt? Welcher Nutzen ist entstanden? Welche Risiken wurden reduziert?
- Auswirkungen und Bedeutung (impact): Gibt es prozentuale Änderungen im Verhalten, in den Anpassungsfähigkeiten, in der Verminderung der Empfindlichkeit, in der Informationsnutzung (Klimawissen)?
- Nachhaltigkeit (sustainability): Anzahl der Stakeholder im capacity building, der Umsetzung geplanter Maßnahmen.
- Übertragbarkeit (replicability): Anzahl der lessons learned, Netzwerke.

**Funktionen von Indikatoren gemäß Europäische Umweltagentur (EEA, 2008)**

Die EEA orientiert sich zunächst am zeitlichen Ablauf von Anpassungsmaßnahmen: Prozess – Output – Outcome. Den einzelnen Ablaufschritten werden unterschiedliche Indikatoren zugeordnet.

- Prozess- und verfahrensbeschreibende Indikatoren (z. B. gesetzliche, organisatorische, kommunikative Voraussetzungen)
- Output-Indikatoren (Maßnahmen werden durchgeführt, Indikator z. B. Höhe der investierten Mittel)

---

<sup>3</sup> UFGCC Expert Meeting on socio-economic information under the Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change Trinidad & Tobago, März 2008

- Outcome-Indikatoren: (Anpassungs-)maßnahmen haben beabsichtigte Wirkung. (Klima-)Zustand oder Auswirkungen ändern sich. Prozess- und verfahrensbeschreibende Indikatoren (Maßnahmen werden durchgeführt, z. B. Höhe der investierten Mittel)

Vor allem Outcome-Indikatoren gelten als schwierig zu bestimmen.

### **Bedeutung der einzelnen Indikatoren**

Die Bedeutung und die Stellung einzelner Indikatoren untereinander können wie folgt eingeordnet werden:

- Headline/core Indikatoren (Geltungsbereich Deutschland/EU/weltweit, quantifizierbar, Zuordnung zu einem Ampelsystem, steuerungsrelevant).
- Qualitative Indikatoren, die nur im Zusammenhang mit anderen Indikatoren belastbar sind (z. B. Entwicklung der Stickstoffzeiger in einem Feuchtgebiet kann nur im Zusammenhang mit Grundwasseranalysen und Stickstoffeinträgen aus der Luft bewertet werden).
- Ergänzende Indikatoren (z. B. Indikatoren, die aufgrund spezifischer regionaler Sensibilitäten/Vulnerabilitäten nur für kleinere Raumeinheiten (z. B. Landesebene) gelten).

### **Bandbreite der Indikatoren**

In dem Umweltzustandsbericht für Europa (EUROSTAT 2007) werden für die unten aufgeführten 10 Themenfelder Indikatoren und Unterindikatoren benannt, die weit über reine Outcome-Indikatoren (Wie wirksam ist die Anpassungsstrategie ?) hinausgehen. Ein Beispiel zeigt die Abb. 12 für das Thema „Nachhaltiger Verbrauch und Produktion“.

1. socioeconomic development
2. **sustainable consumption and production (Abb. 10)**
3. social inclusion
4. demographic changes
5. public health
6. climate change and energy
7. sustainable transport
8. natural resources
9. global partnership
10. good governance



THEME 2: SUSTAINABLE CONSUMPTION AND PRODUCTION			Key SDS challenge: Sustainable consumption and production
			Key SDS challenge: Conservation and management of natural resources
Level 1	Level 2	Level 3	
1. Resource productivity	<b>Sub-theme: RESOURCE USE AND WASTE</b>		
	2. Generation of total waste*, by economic activity and GDP (proxy: Municipal waste generated per inhabitant)	3. Components of Domestic Material Consumption 4. Environmental impact of material consumption* (proxy: Domestic Material Consumption, by material) 5. Municipal waste treatment, by type of treatment method 6. Generation of hazardous waste, by economic activity* 7. Emissions of acidifying substances, ozone precursors, and particulate matter by source sector, and GDP	
	<b>Sub-theme: CONSUMPTION PATTERNS</b>		
	8. Electricity consumption by households	9. Final energy consumption, by sector 10. Consumption of certain foodstuffs per inhabitant 11. Motorisation rate	
	<b>Sub-theme: PRODUCTION PATTERNS</b>		
	12. Enterprises with a registered environmental management system	13. Eco-label awards 14. Area under agri-environmental commitment 15. Area under organic farming 16. Livestock density index	
	<b>Contextual indicators</b>		
	- Number of households (for sub-theme Consumption patterns)		
	- Household expenditure per inhabitant, by category (for sub-theme Consumption patterns)		

\* Indicator under development

Abb. 12: Beispiel für die Indikatoren im Themenfeld 2: Nachhaltiger Verbrauch und Produktion (EUROSTAT 2007)

International und national (z. B. EUROSTAT 2007, Umweltbericht Bayern 2007, bosch & partner 2010) sind formalisierte Gliederungen für Indikatoren üblich (indicator-factsheet).

### 2.2.5 Messnetzeinrichtung

Angepasst an die Wahl der Indikatoren und der Monitoringstrategie erfolgt die Festlegung und Einrichtung von Messstellen vor Ort (z. B. Abflussmessstellen, Klimastationen), aber auch Auswahl der Erhebungsmethoden (z. B. Abfrageroutinen, Planung von Stakeholderbefragungen, Zukunftswerkstätten, Netzwerkveranstaltungen etc.).

### 2.2.6 Datenerhebung

Die Durchführung der Datenerhebung (messen, befragen, abschätzen, auswerten etc.) und die Gültigkeit der erhobenen Daten ist zu beschreiben.

### 2.2.7 Datenmanagement

EDV-gestützte Datenverwaltung und Dokumentation in Datenbanken, Geografischen Informationssystemen (z. B. Geodatenserver bei RVR), Wissenslandkarten, Webseiten, analoge Produkte etc.

### 2.2.8 Datenanalyse

- Methodenauswahl, Kalibrierung, Validierung, Fehlerbetrachtung, Vertrauensbereiche, Unsicherheiten, Verbesserungspotenziale.

### 2.2.9 Indikatoren und Informationsbereitstellung

- Nach Möglichkeit Erstellung von **headline Indikatoren** in Maß und Zahl (s. Kap. 2.2.4).
- Falls nicht möglich, Kombination von mehreren weichen Indikatoren (s. Kap. 2.2.4).
- Querverweise zu Indikatoren aus anderen, für die Fragestellung relevanten Monitoringbereichen.

### 2.2.10 Bewertungssystem und Informationsnutzung

Die Informationsnutzung dient der Vorbereitung der Entscheidungen durch die Maßnahmenträger.

Durch eine Einordnung der Indikatoren in Maß und Zahl in einem Ampelsystem (rot, gelb grün) wird die Informationsnutzung erheblich vereinfacht. Eine Zieleinhaltung oder die Begründung von Maßnahmen bei einer Zielabweichung kann somit einfach kommuniziert werden.

Die Zielbereiche lassen sich gut mit Handlungsoptionen verknüpfen. Diese können (und sollten) konkreter als in der Abb. 13 sein.

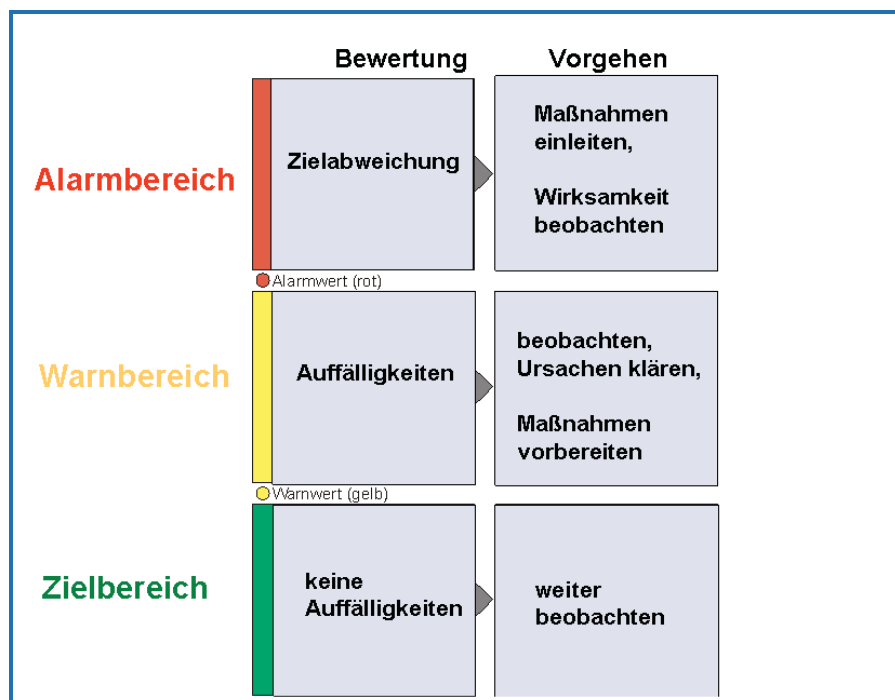


Abb. 13: Beispiel für den Aufbau eines Bewertungssystems (Ampelsystem)

Ein Beispiel für ein „vollentwickeltes“ Monitoringsystem mit Zielen, Indikator, Bewertungssystem und Handlungsoptionen zeigt die Abb. 14 am Beispiel des Monitorings Tagebau Garzweiler II für die Abraumkippe. Ziel ist es, den versauerungsempfindlichen Abraum gesondert oder mit einer puffernden Kalkzugabe einzubauen.



Zielkonkretisierung	Indikatoren	Warn- und Alarmwerte			Handlungsoptionen
		grün	gelb	rot	
Selektive Gewinnung versauerungsempfindlichen Materials und gezielter Einbau	Höhenlage der Basisfläche	bis 6 %	ab 6 %	ab 8 %	Abfangbrunnen
	Versauerungspotenzial (oberer GwLeiter)	bis 3 %	ab 3 %	ab 3,5 %	
Optimierte Lage der Sohlen	Soll/Ist-Vergleich der Sohlage in m +NN	qualitative Bewertung im Zusammenhang mit der Kalkzugabe			nicht erforderlich, Ausgleich über die Kalkzugabe
Pufferung Abraum	Versauerungspotenzial in % Kalkzugabe in t Bilanzierung	Überschreitung Kalkung bis 3 Gew.% Unterschreitung Kalkung	ab 3 Gew.% Unterschreitung Kalkung	ab 6 Gew.% Unterschreitung Kalkung	Erhöhung Kalkzugabe zum Defizitausgleich

Abb. 14: Beispiel für ein Monitoringsystem mit Zielen, Indikator, Bewertungssystem und Handlungsoption

### 3 BEZUG ZU ANDEREN KLIMAWANDEL-RELEVANTEN MONITORING-PROGRAMMEN

#### 3.1 Klimafolgenmonitoring in NRW

Für das Klimafolgenmonitoring in NRW wurden vom LANUV ausgehend von den 37 europäischen Umweltindikatoren der European Environment Agency/Europäische Umweltagentur (EEA): Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator based assessment, 2008) ca. 10 Indikatoren ausgewählt, um den Klimawandel selbst und die Veränderungen in Natur und Umwelt zu erfassen. Hierzu gehört z. B. auch das Monitoring des Humusgehaltes auf Ackerflächen und das Monitoring der Verbreitung klimasensitiver Tierarten.

Kriterien für die Auswahl waren die Relevanz für NRW (also keine Indikatoren für Meere oder Alpen) und ob diese Daten verfügbar sind, d. h. bereits in verschiedenen Monitoringprogrammen in NRW erhoben werden. Diese Daten sollen gezielt hinsichtlich des Klimawandels ausgewertet werden. Die Auswertung der Daten hat in 2010 begonnen.

Ein Monitoring der Anpassungsmaßnahmen ist in NRW nicht geplant. Es sollen zunächst Vorgaben und Hinweise auf Bundesebene abgewartet werden, um dann ggf. ein Monitoring der Anpassungsmaßnahmen zu einem späteren Zeitpunkt koordiniert aufzubauen.

Die Arbeiten in *dynaklim* werden fortlaufend eng mit dem Klimafolgenmonitoring in NRW abgestimmt (Frau Dr. Köllner, LANUV).

#### 3.2 Monitoring im Kontext der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS)

Bislang fehlt ein Konzept zur systematischen Früherkennung der Klimafolgen und deren Kommunikation in Deutschland.

Weiterhin gibt es bislang in Deutschland auch (noch) kein systematisches Monitoringkonzept zur Beobachtung der Anpassungsmaßnahmen, wie sie in der DAS für 14 Sektoren aufgeführt wurden.

Zurzeit besteht auch noch keine Berichtspflicht an die EU über den Erfolg von Klimaanpassungsmaßnahmen. Es ist aber davon auszugehen, dass entsprechende Berichtspflichten eingeführt werden und dass dann auch in Deutschland ein Monitoringprogramm konzipiert werden muss. Vorläuferprojekte hierzu sind:

- Impacts of Europe's changing climate (s. o.). Der Fokus liegt hier bei der Beschreibung des Klimawandels (D P S I R, s. auch Abb. 9 und 10).
- Aufbau von "response" Indikatoren (Vulnerability and adaptation indicators) durch die EEA auf Grundlage der oben genannten Studie.

Vom UBA wurde bislang ein Forschungsauftrag vergeben, der einen Indikatorensatz für Anpassungsmaßnahmen entwickeln soll. Das Gutachten liegt vor (UBA 2010). Hierbei sollen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- streng nutzungsorientiert an den Zielen der DAS ausgerichtet (Klimaänderung, Klimafolgen und Anpassung für ausgewählte Handlungs- und Bedürfnisfelder),
- ca. 5 Indikatoren je Handlungsfeld,
- nach Möglichkeit Entwicklung von headline Indikatoren,
- kompatibel mit dem Ansatz der EEA (DPSIR-Ansatz) und anderer Organisationen (UN, OECD),
- auf vorhandenen Daten aufbaut,
- kompatibel mit anderen Indikatorensätzen wie z. B. Berichterstattung zur FFH-Richtlinie, Hochwasserrichtlinie,
- fortschreibbar.

Im Gutachten wurde jedoch (bisher) auf outcome-Indikatoren (also Erfolg einer Anpassungsmaßnahme) weitgehend verzichtet, da die Zuordnung einer Wirkung zu einer spezifischen Maßnahme nahezu unmöglich erscheint (Vortrag bosch & partner 1. PAG, 18.03.2009).

Es ist jedoch nicht Ziel des UBA, ein Monitoringsystem auf Bundesebene zu installieren, das Ländersysteme ersetzen soll. Hier sind die Länder in der Pflicht. Allerdings ist in NRW kein Monitoring der Anpassungsmaßnahmen geplant (s. Kap. 3.1).

### **3.2.1 Operative Monitoringprogramme**

Die vielen operativen Monitoringprogramme (z. B. der EG/LV: Messung der Grundwasserstände in den ca. 3.800 Grundwassermessstellen der EG/LV, WRRL: Monitoring der Grundwasserkörper, Wasserversorger: Monitoring in den Einzugsgebieten) erfolgen unabhängig von dem hier zu betrachtenden Monitoring. Allerdings ergeben sich Synergien, z. B. beim Monitoring der Grundwasserstände im Emschergebiet, die auch Indikatoren für die Anpassungsstrategie Grundwasserbewirtschaftung sein können.

## 4 UMSETZUNG DES MONITORINGS IN *dynaklim*

### 4.1 Beteiligte Organisationen und Personen am Monitoringprozess in *dynaklim*

Es ist sinnvoll, für einen späteren Monitoringprozess die wichtigsten Organisationen und Personen mit ihrer Funktion und ihren Aufgaben im Monitoring zu benennen. Zum jetzigen Bearbeitungsstand konnte diese noch nicht erfolgen.

### 4.2 Werkzeuge im Monitoringprozess

#### 4.3.1 Workshops

Die drei Workshops, die in *dynaklim* mit den Ergebnisverantwortlichen durchgeführt worden sind, waren eine Möglichkeit, um den Bearbeitungsstand voranzutreiben, die Ergebnisse abzustimmen und sie dann im Monitoringhandbuch (MHB) als gemeinsame, fortschreibbare Ergebnisse festzuhalten. Hierzu wurden zu den einzelnen Themen wie Auswahl der relevanten Indikatoren, Bewertungssysteme etc. Impulsreferate und Vorträge erstellt. Auf den Workshops wurde dann gemeinsam und in kleineren Arbeitsgruppen, durch Experteninterviews und im Plenum die Ergebnisse erarbeitet. Anhand von Wirkungsmodellen und Prozessketten werden die wesentlichen Einflussgrößen und Parameter für klimarelevante Prozesse identifiziert.

#### Workshop 1

Der 1. Workshop fand am 23.06.2010 statt (<http://merkur.informatik.rwth-aachen.de/bscw/bscw.cgi/2965914>). Wichtigste Ergebnisse waren:

- Aufbau und Ziele eines Monitorings in *dynaklim*,
- Klärung von offenen Fragen,
- Stand der Bearbeitung des Monitoringkonzeptes in den einzelnen Ergebnisbereichen,
- Ergebnisdarstellung im MHB, Ausgabe,
- Verabredung des weiteren Vorgehens.

#### Workshop 2

Der 2. Workshop fand am 04.08.2011 statt (<http://merkur.informatik.rwth-aachen.de/bscw/bscw.cgi/3250776>). Wichtigste Ergebnisse waren:

- Der Weg zu einer Anpassungsstrategie (s. Kap. 1.1; Vorgehen, Methoden, Beispiele).

#### Workshop 3

Der 3. Workshop fand am 10.07.2013 statt. Wichtigste Ergebnisse waren:

- Ergänzung des MHB für die bereits bearbeiteten Ergebnisbereiche wie z. B. geänderte Zielkonkretisierungen, Ergebnisse aus bereits bearbeiteten Arbeitspaketen etc.,
- Ergänzung des MHB für die Ergebnisbereiche, für die bislang noch keine Angaben vorlagen (E5.1, E6.1, E6.2, E7.1)),
- Abstimmung mit dem roadmap Prozess,
- Fragen an ahu AG und die anderen Ergebnisverantwortlichen zum Monitoringkonzept.

### 4.3.2 Monitoringhandbuch

Das vorliegende MHB ist ein weiteres Werkzeug. In dem MHB werden schriftlich, fortlaufend und abgestimmt alle relevanten Fakten fixiert. Dies ist vor allem bei komplexen und lang laufenden Prozessen für den Erfolg von entscheidender Bedeutung, da im Laufe der Zeit viele Organisationen und Mitarbeiter wechseln. Das MHB bietet dann eine einfache Möglichkeit (im Gegensatz zu Protokollen etc.), sich umfassend und aktuell über den Stand zu informieren: Zu den Inhalten des MHB gehören zum jetzigen Stand (Ausgabe 3):

- Monitoring relevante Vereinbarungen und Zwischenergebnisse: Diese ergeben sich u. a. aus den Antworten auf folgende Fragen: Welche Anpassungsprozesse sollen in das Monitoring aufgenommen werden? Was sind die Ziele? Was sind geeignete Indikatoren? Wie können diese erfasst werden? Gibt es bereits Mess- oder Erfassungsprogramme? Wenn nein, wie können die Daten erhoben werden? Sind Auswertungen/Aggregationen erforderlich? Wenn ja, gibt es diese bereits oder müssen diese entwickelt werden? Wer macht es? Gibt es Bewertungsgrundlagen? Ampelsysteme? Wenn nein, wer entwickelt diese? Wie werden die Ergebnisse kommuniziert?
- Links auf andere wichtige Monitoringprogramme z. B. Auswertungen von Klimadaten (Klimatrends, Niederschlagskarten, Risikokarten etc.), Monitoring von Anpassungsprozessen außerhalb der ELR.
- Organisation der Informationsverteilung (Wissenslandkarte, Internetauftritt)?

Das MHB wurde fortlaufend aktualisiert und bei/nach den Workshops in einer jeweils neuen Ausgabe vorgestellt. In *dynaklim* wurden insgesamt drei Ausgaben erarbeitet.

## 5 MONITORINGFELDER IN DYNACLIM

Ziel ist es, während der Projektlaufzeit für alle relevanten Ergebnisbereiche nach einer einheitlichen Gliederung das Monitoringkonzept zu strukturieren.

In der Tab. 5 sind die monitoringrelevanten Ergebnisbereiche in *dynaklim* dargestellt. Für die 11 farbig hinterlegten Ergebnisbereiche (ab E1.3) wird ein Monitoringkonzept entwickelt. Die Ergebnisbereiche E1.3 bis E2.3 können zusammengefasst werden.

Die Tab. 5 zeigt auch eine Gruppierung der einzelnen Ergebnisbereiche. Wahrscheinlich wird die Monitoringstruktur in den jeweiligen Ergebnisgruppen ähnlich sein (z. B. Grundwasserbewirtschaftung und Regenwasserbewirtschaftung). In den wirtschafts- und finanzpolitischen Ergebnissen ist ebenfalls eine ähnliche Struktur denkbar.

Die Begleitforschung (E1.4) kann das „Daten- und Rohmaterial“ liefern (Woran merkt die Region, dass mit *dynaklim* ein neuer Akteur in der Region zum Thema Anpassung an den Klimawandel aktiv ist?), auf dessen Grundlage die sozialwissenschaftlichen Ergebnisse ihr Monitoring aufbauen können.

**Tab. 5: Überblick über die Ergebnisbereiche und Gruppierung**

Nr.	Ergebnisbereiche in <i>dynaklim</i>	
E1.1	Projektmanagement + Controlling	
E1.2	Kommunikation + Öffentlichkeitsarbeit	
E1.4	Begleitforschung „ <i>dynaklim</i> als neuer Akteur in der Region“	
E1.3	Netzwerkkonzept	Zusammenfassung
E2.1	Wissenslandkarte	
E2.2	Adaptationskompetenz generieren und nutzen (Roadmap 2020)	
E2.3	Region informieren, bilden und beraten (Wissenstransfer)	
E2.4	Monitoringkonzept	
E3.1	Nachhaltige urbane Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung	
E3.2	Innovative Konzepte für eine sichere und anpassungsfähige Regenwasserbewirtschaftung	
E3.3	Management konkurrierender Nutzungen von Grund- und Oberflächengewässern	
E4.1	Lösungen für eine sichere Trinkwasserversorgung	
E4.2	Potenzial einer anpassungsfähigen Siedlungswasserwirtschaft	
E4.3	Handungsleitfaden Stadtklimaverbesserung	
E5.1	Anpassungsstrategie „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“	
E6.1	Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems	
E6.2	Konzept zur Integration wasserwirtschaftlicher Organisations-, Finanzierungs- und Entscheidungsunterstützungsmodelle in der Region	
E7.1	Optimierung der Anpassungsfähigkeit des politischen, planerischen und Verwaltungshandelns	

	Wirtschafts- und Finanzpolitische Ergebnisse
	Wasserwirtschaftliche Ergebnisse
	Sozialwissenschaftliche Ergebnisse
	Sozialwissenschaftliche Begleitforschung

## 5.1 Netzwerk/Wissenslandkarte/Anpassungskapazität/Wissenstransfer/ Begleitforschung (E1.3, E2.1, E2.2, E2.3)

Eine Hauptaufgabe von *dynaklim* ist die Erhöhung der Anpassungskapazität in der Region an den Klimawandel. Dieses Ziel verfolgen mehrere Ergebnisbereiche.

Es ist i. E. noch zu definieren, wer in der ELR für die Messung, Bewertung und Erhöhung der Anpassungskapazität zuständig ist und wer in einem Monitoring einen Entscheidungsbedarf hat.

**Zuständigkeit für das Kapitel: Wuppertal Institut**

### 5.1.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### Zielkonkretisierung

- Ermittlung der Anpassungskapazität in der ELR (gemäß Abb. 7).
- Erhöhung der Anpassungskapazität durch capacity building (u. a. durch *dynaklim*).

#### Entscheidungsbedarf

- Ist die Anpassungskapazität in der Region ausreichend ?
- Reichen Inhalte und Darbietungsformen, um die Anpassungskapazität zu erhöhen ?

#### Handlungsoptionen

- Änderung der Angebote (Inhalte).
- Änderung der Vermittlung/Transfer.

### 5.1.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur

#### Informationsbedarf

- Erschließen von Wissen (Erfahrungen, Best Practices) für alle, die an Problemlösungen zur regionalen Klimaanpassung arbeiten.
- Verfügbarmachen von Wissen am Ort und zur Zeit der Entscheidung.
- Erleichtern des effektiven und effizienten Entwickelns von neuem Wissen.
- Sicherstellen, dass jeder in der Region weiß, wo Adaptations-Wissen verfügbar ist.
- Umsetzen dieser Kompetenzen in neue Produkte, Dienstleistungen und Konzepte (Bildung, Beratung, Medien).
- Weiterverbreitung des relevanten Wissens durch Multiplikatoren.

#### Informationsstruktur

- Zentrales Internetportal ist [www.dynaklim.de](http://www.dynaklim.de) mit den Portalen
  - WIKI.
  - Wissenslandkarte/Kompetenzprofilen.
  - Verlinkung zu anderen relevanten Webseiten.
- Aufbereitung des Wissens nach
  - Inhalten (z. B. Grundwasserbewirtschaftung).
  - Zielgruppen (z. B. Bürger, Verbände etc.).

### 5.1.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen

- Konkretisierung, Strukturierung, Klassifizierung von Zielen.
- Zuordnung von Anpassungsmaßnahmen zu einzelnen Zielen
- Zuordnung von Indikatoren
- Identifizierung von Handlungsoptionen.

**Offene Fragen:**

- Wirkungsbeziehungen zwischen Klimawandel(signal) und Anpassungsmaßnahme: Führen z. B. Extremereignisse zu einem gesteigerten Bewusstsein?
- Verknüpfung Monitoring und Wissensmanagement?

**5.1.4 Messdaten****Messdaten/Datenquellen**

- Zugriffe auf website *dynaklim*.
- sozialwissenschaftliche Begleitforschung.
  - Teilnahme an *dynaklim*-/ KLIMZUG-Veranstaltungen.
  - Teilnahme an regionalen/nationalen/internationalen Veranstaltungen im Themenfeld Klimawandel/Governance/Planung.
  - Screening regionaler und überregionaler Medien (Presse/Rundfunk).
  - Screening von Fachartikeln, Newslettern, Internetauftritten von Konsortial- und Kooperationspartnern, Flyern usw.
  - Aufbereitung wissenschaftlicher Literatur.
- Stakeholderanalysen
- Befragungen

**5.1.5 Messnetz**

Entfällt. Siehe Datenerhebung.

**5.1.6 Datenerhebung**

- Zugriffe auf website *dynaklim*: vierteljährliche Auswertung der Zugriffsstatistik in der Projektlaufzeit durch ahu AG.
- sozialwissenschaftliche Begleitforschung
- Stakeholderanalysen
- Sonstige Befragungen

**5.1.7 Datenmanagement**

nicht bearbeitet.

**5.1.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung****Datenanalyse**

- Mit welchen Methoden werden aus den Daten Informationen generiert?
- Auswertung mediale Berichterstattung.

**Indikatoren**

- Zum Beispiel prozentuale Änderung in der Informationsnutzung (Klimawissen).
- Anzahl und Entwicklung der Kompetenzprofile in der Wissenslandkarte.
- Entwicklung der Zugriffszahlen auf Wissenslandkarte, Glossar.
- Anzahl und Zuwachs der Stakeholder im Capacity-Building.
- Nutzung und Zuwachs der entwickelten Produkte (im Bildungsbereich).
- Teilnehmer an regionalen Medien-Arbeitskreisen.



- Zielgruppenspezifisch Anteil derer, die etwas mit dem Begriff der Klima-Anpassung anfangen können.

Bei den Indikatoren handelt es sich vorwiegend um Prozessindikatoren.

Fragen: Gibt es zielgruppenspezifische und ergebnisbereichsabhängige Indikatoren?

#### **Informationsbereitstellung**

- In regelmäßigen Zeitschritten?
- Was kann bereitgestellt werden?
- Wo ? Wie?

### 5.1.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring

#### **Bewertungssystem**

- Festlegung von Ziel-/Schwellenwerten möglich?

#### **Informationsnutzung**

- Wer macht was damit? Wer ist zuständig für die Erhöhung der Anpassungskapazität?

## **5.2 Nachhaltige urbane Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung (E3.1)**

### **Zuständigkeit für das Kapitel: Emschergenossenschaft**

Die Grundwasserbewirtschaftung ist seit Gründung der Emschergenossenschaft im Jahr 1899 eine Kernaufgabe (Verbandsgesetz § 2), da durch den Bergbau und die damit verbundenen Oberflächenabsenkungen die Oberflächengewässer nicht mehr störungsfrei abliefen und das Grundwasser in Teilen des Emschergebietes anstieg.

Der Schwerpunkt lag in der Vergangenheit auf der sicheren, (kosten-)effizienten Fassung und Ableitung des Grundwassers in den nächsten Vorfluter oder Kanal. Die Fassung (z. B. über undichte Abwasserkanäle) und Ableitung (in den zu Transportrinnen umgebauten Gewässern) erfolgte häufig zusammen mit Abwasser. Eine Nutzung des Grundwassers erfolgte in der Regel nicht.

### 5.2.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### **Zielkonkretisierung**

Eine zukünftige, nachhaltige, urbane Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung hat folgende Ziele:

- Vermeidung von Schäden an der Infrastruktur durch zu hohe Grundwasserstände infolge von Klimawandel, Kanalsanierungen und Versickerung (aktuelles Beispiel: Essen Karnap).
- Synergien und Kosteneffizienz bei der Hebung des Grundwassers:
  - Möglichst keine Vermischung von belastetem und unbelastetem Grundwasser.
  - Kosten-Nutzenbetrachtung (bei kleinen Mengen oder Belastungen).
- Synergien bei der Ableitung von gehobenem Grundwasser mit der Regenwasserbewirtschaftung (Nutzung der Grundwasser-Drainageableitungen auch für die gedrosselte Ableitung von Regenwasser)

- Nutzung des gehobenen Grundwassers, z. B.
  - zur Verbesserung der Oberflächengewässer (Erhöhung des sommerlichen Niedrigwasserabflusses),
  - für stadtklimatische Verbesserungen (Erhöhung der Verdunstung),
  - als Brauchwasser.

### **Entscheidungsbedarf**

- Erfordernis einer Ausweitung/Reduzierung der Grundwasserbewirtschaftung.
- Kosten/Nutzen-Analysen.
- Verwendung des Wassers.

### **Handlungsoptionen**

Die Handlungsoptionen zur Steuerung der urbanen Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung sind:

- Bau von Anlagen zur Grundwasserbewirtschaftung (Brunnen, Dränagen, Ableitungen etc.)
- Anpassung der Förderraten
- Informationspolitik (Kommunen und Bürger)

## **5.2.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur**

### **Informationsbedarf**

Es gibt folgenden Informationsbedarf:

- Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt (räumliche/zeitliche Veränderung der Grundwasserneubildung und der Grundwasserstände).
- Risikoflächen für die Infrastruktur in Abhängigkeit hoher Grundwasserstände.
- Status der Anlagen zur Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung.
- Auswirkungen der Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung (Grundwasserstände, Mengen und Qualitäten).
- Kosten der Grundwasserbewirtschaftung- und Nutzung.
- Auswirkungen auf die Gewässerqualität.

### **Informationsstruktur**

Die Informationen werden dezentral erhoben (EGLV und Dritte), aber werden im Zusammenhang betrachtet. Die Ergebnisse werden allen Interessierten zur Verfügung gestellt (Kap 5.2.8).

## **5.2.3 Monitoringstrategie**

Die flächige Entwicklung der Grundwasserstände und der Risikoflächen sowie die optimale Anzahl, Lage und Wirksamkeit von Anlagen zur Grundwasserbewirtschaftung wird über Grundwassermodelle (Abb. 15) abgeschätzt und bei Bedarf aktualisiert.

Aus den Modellergebnissen ergeben sich die maßgeblichen Untersuchungspunkte (Konfliktbereiche, Anlagen zur Grundwasserbewirtschaftung).

Das Monitoring erfolgt über die Grundwasserstände (Konfliktbereiche), Fördermengen und -qualitäten aus der Grundwasserbewirtschaftung, Ab- und Einleitungsmengen und Nutzungen (Gewässerbewirtschaftung).

Es gibt eine Schnittstelle zum Monitoring der umgebauten Gewässer (Erfolgskontrolle) und zum Monitoring gemäß WRRL.

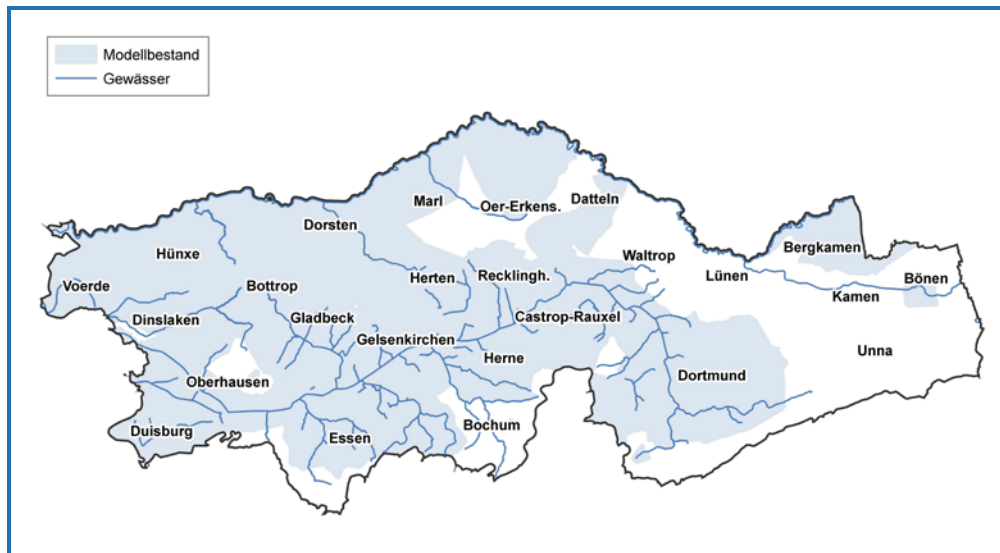


Abb. 15: Bereiche mit Grundwassermodellen in der Emscher-Lippe-Region (Stand 2013)

## 5.2.4 Messdaten, Indikatoren

### Messdaten

Folgende Messdaten werden bislang regelmäßig in der Emscher-Lippe-Region erhoben und stellen die Basis für ein Monitoring der Anpassungsstrategie Grundwasserbewirtschaftung dar.

- Grundwasserstände an ca. 3.800 Messstellen.
- Pumpwerksleistungen (Bachpumpwerke, Abwasserpumpwerke). In den Pumpwerken kann der Grundwasseranteil nur indirekt ermittelt werden (Fremdwasserauswertung). Das Grundwasser wird bislang in der Regel mit dem Abwasser zusammen in die Emscher gepumpt.
- Zukünftig separate Abflussmengenmessungen und bei Bedarf Qualität des gehobenen Grundwassers.
- Gegebenenfalls sonstige Grundwasserentnahmen.
- Stadtklimatische Parameter (Niederschlag, Temperatur, ...).

Beim Bau neuer Anlagen zur Grundwasserbewirtschaftung wird das Monitoring im Bereich der Anlagen erweitert, um die Wirksamkeit der Anlagen bewerten zu können.

### Indikatoren

Ziel ist es, folgende Indikatoren abzuleiten:

- Umfang der Grundwasserbewirtschaftung (Anlagen, Menge, Qualität, Wirksamkeit).
- Abschätzung des Anteils des Grundwassers (natürliche Zusickerung, Einleitung) an der Gewässerbelastung/Gewässerqualität.
- Nutzung des gehobenen Grundwassers (stadtklimatische Verbesserungen, Niedrigwasseraufhöhung, Sonstige).
- Kosteneffizienz der Grundwasserbewirtschaftung.

Bei den Indikatoren handelt es sich um:

- Output und Outcome Indikatoren.
- Headline Indikatoren.

### 5.2.5 Messnetz

Das Messnetz zur Beobachtung der Grundwasserstände umfasst mit Stand 2013 ca. 5.700 Messstellen, von denen ca. 3.800 regelmäßig gemessen werden (Abb. 16).

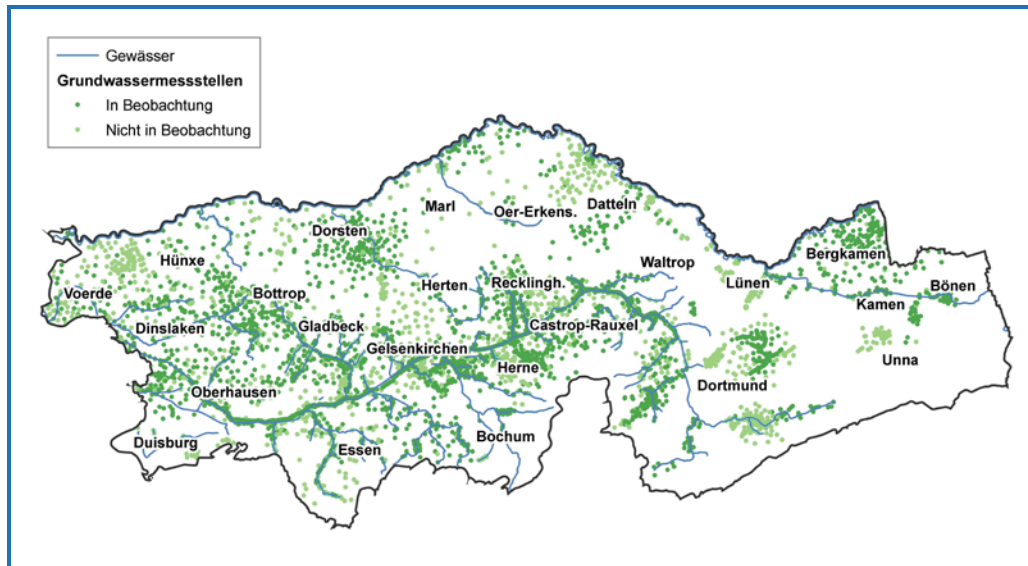


Abb. 16: Lage der Monitoring-Grundwassermessstellen in den Emscher-Lippe-Region

Die durchschnittliche Messstellendichte beträgt (bezogen auf die beobachteten Grundwassermessstellen) ca. 2,1 Messstellen/km<sup>2</sup>.

Eine unterdurchschnittliche Messstellendichte liegt in den Bereichen der nördlichen Mitte und im Osten des Untersuchungsgebietes vor.

Beim Bau neuer Anlagen zur Grundwasserbewirtschaftung wird das Monitoring im Bereich der Anlagen erweitert, um die Wirksamkeit der Anlagen bewerten zu können.

### 5.2.6 Datenerhebung

Den derzeitigen Messturnus (Stand 2013) zeigt die folgende Aufstellung.

Anzahl	Messturnus
50	täglich (Datenlogger)
2267	monatlich
1388	vierteljährlich (Januar/April/Juli/Okttober)
136	halbjährlich (April/Okttober)

### 5.2.7 Datenmanagement

Die Messdaten werden bei der EGLV in einer Datenbank mit Auswertemöglichkeiten und einer grafischen Oberfläche vorgehalten (Software GrundwasserManager). Dieses Programm erlaubt die Darstellung von Grundwasserganglinien (Zeitreihen) und verschiedene Auswertungen (min., max., Durchschnittswerte, Trend etc.).

Die Daten Dritter (Städte, Land, Wasserversorgungsunternehmen, Bergbau, Sonstige etc.) sind, soweit sie der EGLV zur Verfügung gestellt werden, ebenfalls in dieser Datenbank gespeichert. Die Häufigkeit der Aktualisierung dieser Daten hängt vom Turnus der Lieferung ab und schwankt zwischen monatlich und jährlich.

### **5.2.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung**

#### **Datenanalyse**

Eine Auswertung der Grundwasserstände hinsichtlich des Klimawandels erfolgte fallbezogen in unregelmäßigen Zeitabständen. Jedoch zeigen die Daten keinen signifikanten Trend in eine bestimmte Richtung.

Eine Ableitung von Indikatoren erfolgte bislang nicht.

#### **Indikatoren**

Die unter Kap. 5.2.4 benötigten Indikatoren sollen wie folgt ermittelt werden:

- Höhe/Bedeutung der Grundwasserbewirtschaftung:
  - Flächen mit Grundwasserbewirtschaftung zum Schutz von Infrastruktur,
  - Gehobenes Grundwasser ( $\text{m}^3/\text{a}$ ),
  - Genutztes Grundwasser ( $\text{m}^3/\text{a}$ ): Niedrigwasseraufhöhung, Stadtklimaverbesserung, Sonstige.
- Anteil des Grundwassers (natürliche Zuckering, Einleitung) an der Gewässerbelastung:
  - Im ersten Schritt abgeschätzte qualitative Bewertung (hoch/mittel/niedrig, Verbesserung) der Gewässerbelastung durch Grundwasser.
- Kosteneffizienz der Grundwasserbewirtschaftung:
  - Kosten je gehobenem/genutztem  $\text{m}^3$  Grundwasser,
  - Kosten je  $\text{m}^2$  grundwasserbewirtschafteter Fläche.

#### **Informationsbereitstellung**

Zuständig für die Grundwasserbewirtschaftung sind in erster Linie die Kommunen und die Emschergenossenschaft. Die Messdaten und ggf. die Indikatoren können über das BIS-GW Interessierten zur Verfügung gestellt werden.

### **5.2.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

#### **Bewertungssystem**

Ein Bewertungssystem für die einzelnen Indikatoren wurde bislang nicht festgelegt. Dies kann erst erfolgen, wenn die Ziele für die einzelnen Maßnahmen definiert sind (z. B. maximale, schutzgutbezogene Grundwasserstände) und Erfahrungen gesammelt wurden.

#### **Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

Mit folgenden Monitoringfeldern ist eine enge Informationsnutzung der Indikatoren im Monitoring erforderlich.

- Regenwasserbewirtschaftung (E3.2 / AP 3.3):
  - Indikator chemische Gewässerqualität (v. a. bei Trockenwetterabfluss).

- Stadtklima (AP 4.3):
  - Indikator Stadtklima.
- Nachhaltige Finanzierungsmodelle (AP 6.3):
  - Indikator Kosten der Grundwasserbewirtschaftung,
  - Grundlagen für Kostenvergleiche Grundwasserbewirtschaftung mit und ohne Einfluss des Klimawandels.

### 5.3 Nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung (E3.2)

#### Zuständigkeit für das Kapitel: Emschergenossenschaft

In früheren Zeiten war die schadlose Ableitung und Behandlung der Abflüsse aus Siedlungen fast das einzige Ziel der Siedlungsentwässerung. Heute sind wichtige Aufgaben dazu gekommen, deren Ziel die nachhaltige Sicherung der Belange von Gewässerökologie und weitergehender Gewässernutzungen durch den Menschen ist. Dieser Grundgedanke hat zu einem Umbruch in der Regenwasserbewirtschaftung geführt, der sich nicht zuletzt in der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie widerspiegelt. Eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung muss den Anspruch haben, den natürlichen Wasserkreislauf zu erhalten bzw. zu stärken. Durch den Klimawandel kommen mit häufigeren Starkregen und langen sommerlichen Trockenperioden neue Anforderungen auf die Regenwasserbewirtschaftung zu. Die Systemrobustheit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels ist deshalb zu erhöhen.

Die Analysen im Bereich Regenwasserbewirtschaftung finden in enger Abstimmung mit dem Ergebnisbereich E4.2 "Siedlungswasserwirtschaft" statt. E3.2 beinhaltet folgende Bereiche:

- Gewässer
- Bauliche Regenwasserbewirtschaftung (Mischwasserbehandlung)
- Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung

#### Wirkungsanalyse

In E3.2 erfolgt eine detaillierte Wirkungsanalyse gemäß folgender Faktoren:

##### Exposition

Zunahme der Jahresniederschlagssumme (mittlere Zunahme um 10 % in der nahen und 2 % in der fernen Zukunft) und der Häufigkeit der Starkregenereignisse (bis zu 20 % Steigung der Anzahl der Starkereignisse pro Jahr), Veränderung der Temperatur (mittlere Zunahme um 1,2 °C in der nahen und 3,1 °C in der fernen Zukunft).

##### Empfindlichkeit

###### Gewässer:

- Es wird die Empfindlichkeit bei einer Zunahme der Starkregenereignisse in hochgradig befestigten Gebieten auf den Hochwasserschutz untersucht.
- Es wird die Empfindlichkeit bei Zunahme der Jahresniederschlagssumme auf die Niedrigwasserführung untersucht.
- Es wird die Empfindlichkeit der Gewässerökologie aufgrund der Temperaturveränderung untersucht.

**Bauliche Regenwasserbewirtschaftung:**

Hier werden die Auswirkungen veränderter Niederschlagsmuster auf die bauliche Regenwasserbewirtschaftung untersucht und mögliche Folgen für die aufnehmenden Gewässer dargestellt.

**Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung:**

- Es wird die Empfindlichkeit des Entwässerungskomforts untersucht. Kriterien sind hierbei Bemessungssicherheit und Überflutungshäufigkeit.
- Es wird die Empfindlichkeit auf die Grundwasserneubildung untersucht.

**Wirkungsmodelle**

Es werden folgende Modelle eingesetzt:

- Veränderung der Niederschläge und der Temperatur: Übernahme aus AP 3.1.
- Veränderung der Abflussverhältnisse im Gewässer: hydrologisches Gebietsmodell (Software STORM) und hydraulisch stationär ungleichförmiges Gewässermodell (Software JABRON).
- Veränderung des Retentionsverhaltens der Elemente der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung: des hydrologischen Gebietsmodells (Software STORM) und des hydrologischen Bemessungsmodells für Regenwasserbewirtschaftung (Software ErWin).
- Veränderung des Betriebsverhaltens der baulichen Regenwasserbewirtschaftung: hydrologisches Schmutzfrachtmodell (Software MOMENT) und Gegenüberstellung zu hydrodynamischen Berechnungsverfahren (Mike Urban).

**Risikoanalyse**

Die Risikoanalyse erfolgt einerseits getrennt für die verschiedenen Bereiche, andererseits haben vielfach Anpassungsmaßnahmen in einem Bereich auch Einfluss auf die übrigen Bereiche (z. B. der Grad der Abkopplung (E3.2) bestimmt maßgeblich das Überstauverhalten der Kanalisation (E4.2)). Die Risikoanalyse erfolgt für die einzelnen Bereiche jeweils für die nahe und ferne Zukunft.

**Gewässer**

- Berechnung der zukünftigen Hochwasserabflüsse in Abhängigkeit der Wiederkehrhäufigkeit und Vergleich mit den Abflüssen des Referenzzeitraums.
- Bewertung des bestehenden Hochwasserschutzes und Schätzung des Schadenspotenzials gegenüber dem zukünftigen Hochwasserabfluss jeweils in Abhängigkeit von der Wiederkehrhäufigkeit.
- Ökologische Bewertung der Veränderung der Niedrigwasserabflüsse.

**Bauliche Regenwasserbewirtschaftung (Mischwasserbehandlung)**

- Bewertung des Risikos für das aufnehmende Gewässer bei veränderten Einleitungen (qualitativ und quantitativ) aus Regenwasserbehandlungsanlagen.

**Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung**

- Berechnung der veränderten Bemessungssicherheit und Überflutungshäufigkeit im Vergleich mit den Sicherheiten im Referenzzeitraum.

**Potenzialanalyse der Anpassungsfähigkeit**

Eine Potenzialanalyse der Anpassungskapazität wird nicht explizit durchgeführt. Die Anpassungskapazität wird jedoch wie folgt eingeschätzt.

**Wissen**

Die Städte und Kommunen der Region sind über die Risiken und Möglichkeiten, die der Klimawandel für Gewässer, Kanalisation, bauliche und naturnahe Regenwasserbewirtschaftung birgt, informiert.

Seit 2002 haben mehrere Workshops zur Regenwasserbewirtschaftung stattgefunden, die jeweils von 100 bis 150 Vertretern der Region besucht wurden.

Alle Städte und Kommunen (Planungsämter, Tiefbauämter, Untere Wasserbehörden) werden regelmäßig von der Emscher-genossenschaft informiert.

Im Internet wurde ein interaktives Informations- und Planungstool aufgebaut (Bewirtschaftungsinformationssystem Regenwasser: BIS/RW).

### Wollen

Regenwasser in Bestandsgebieten naturnah zu bewirtschaften ist keine gesetzliche Vorgabe. Die Städte und die Emscher-genossenschaft wollen die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung aktiv fördern. Hierzu wurde gemeinsam mit dem Land NRW im Jahr 2005 die Zukunftsvereinbarung Regenwasser geschlossen, eine gemeinsame – auf freiwilliger Basis getroffene – Erklärung, bis 2020 15 % des Abflusses von der Kanalisation abzukoppeln.

### Können

Der technische Sachverstand, im Sinne einer integralen Wasserwirtschaft dem Klimawandel zu begegnen, ist bei der Emscher-genossenschaft, den Kommunen und Städten vorhanden.

### Dürfen

Über die Gemeindeverordnung ist geregelt, dass z. B. im Fall der dezentralen – hier insbesondere der naturnahen – Regenwasserbewirtschaftung vom Anschluss- und Benutzungszwang abgesehen und die Beseitigungspflicht von der Kommune auf Einzelne (hier Grundstückseigentümer) übertragen werden kann.

### Müssen

Die Zuständigkeit für die Abwasserreinigung (hierzu gehört auch die bauliche Regenwasserbewirtschaftung), die Sicherung des Abflusses, den Hochwasserschutz und die Gewässerunterhaltung liegt gemäß Verbandsgesetz § 2 bei der Emscher-genossenschaft. Die Zuständigkeit für das Sammeln und Ableiten von Abwasser und damit auch der ordnungsmäßige Betrieb der Kanalisation obliegt den Städten und Kommunen.

**Insgesamt wird die Anpassungskapazität als hoch eingeschätzt.**

### Verwundbarkeit

Aufgrund der hohen Anpassungskapazität der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung mit den positiven Auswirkungen auf Gewässer, Kanalisation und Mischwasserbehandlung wird die Verwundbarkeit in der gesamten Emscher/Lippe-Region als mäßig eingestuft.

### Anpassungsstrategie

Die Anpassungsstrategie besteht in einer Erhöhung der Anpassung. Diese beinhaltet Maßnahmen, Regenwasser naturnah zu bewirtschaften, die Bauwerke der Siedlungswasserwirtschaft zu entlasten (Überstau, Überflutung) und dies den Gewässern retendiert zuzuleiten (Hochwasserschutz, Niedrigwasseraufhöhung).



## **Monitoring**

Der Umsetzungszeitraum beträgt 10 bis 20 Jahre.

### **5.3.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen**

#### **Zielkonkretisierung**

Abkopplung befestigter Flächen von der Kanalisation mit den Zielen:

- Reduzierung der Abflussspitzen im Kanalnetz (Überstau- und Überflutungssicherheit),
- Reduzierung der Abflussspitzen im Gewässer durch verminderte Entlastungstätigkeit der Regenbecken (Hochwasserschutz, hydraulische Belastung bei kleineren Jährlichkeiten),
- Erhöhung des Niedrigwasserabflusses in Gewässern und Verminderung des Hochwasserabflusses in den Gewässern und Stärkung des natürlichen Wasserhaushalts,
- Wohnumfeldverbesserung durch Erhöhung der Grundwasserneubildung (Entsiegelung, Grünflächen) und stärkere Integration des Wassers in das Stadtbild und Verbesserung des Stadtklimas,
- Erhöhung der Grundwasserneubildungsrate zur Stabilisierung der Gewässerniedrigabflüsse,
- Keine Vermischung von sauberem Niederschlagswasser mit Schmutzwasser mit der Notwendigkeit einer späteren aufwändigen Reinigung.

#### **Entscheidungsbedarf**

- Wirksamkeit der Bewirtschaftungsmaßnahmen,
- Kosten/Nutzen der Maßnahmen.

#### **Handlungsoptionen**

- Erweiterung der Maßnahmen an einzelnen Gewässern,
- Erweiterung der Maßnahmen in Bereichen mit einem überlastetem Kanalnetz.

### **5.3.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur**

#### **Informationsbedarf**

- Auswirkungen des Klimawandel (v. a. Veränderung Niederschlagsverhalten),
- Zustand Kanalnetze,
- Planungen.

#### **Informationsstruktur**

Die Informationen werden dezentral erhoben (EGLV und Dritte), aber sie werden im Zusammenhang betrachtet. Die Ergebnisse werden allen Interessierten zur Verfügung gestellt (Kap 5.2.8).

### **5.3.3 Monitoringstrategie**

Messungen an strategischen Punkten im System Niederschlag – Kanal – Becken/Speicher – Gewässer

### **5.3.4 Messdaten**

- Abgekoppelte Flächen
- Messungen im Kanalnetz (Überstau/Auslastung)
- Beobachtung der Schwachstellen des Netzes vor Ort (Überflutung, Ablagerungen im Netz)

- Aufzeichnungen der Entlastungstätigkeit der Regenbecken
- Messungen im Gewässer (Niedrigwasserphasen, Hochwasser, Temperatur)
- Gewässerökologie erfassen (z. B. Invertebraten als Indikator für trocken fallende Gewässer)
- Messung der Grundwasserstände (Abgleich mit 5.2.5) und Verifizierung über GW-Modell
- Aufzeichnungen der Entlastungstätigkeit der Regenbecken

### 5.3.5 Messnetz

Die Zahl der Messpunkte und der Messfrequenz für das spezielle Monitoring muss noch definiert werden.

### 5.3.6 Datenerhebung

Die Zahl der Messpunkte und der Messfrequenz für das spezielle Monitoring muss noch definiert werden.

### 5.3.7 Datenmanagement

Die bislang erhobenen Messdaten werden bei der EGLV in einer Datenbank mit Auswertemöglichkeiten und einer grafischen Oberfläche vorgehalten. Dies erlaubt die Darstellung von Grundwasserganglinien (Zeitreihen) und verschiedene Auswertungen (min., max., Durchschnittswerte, Trend etc.).

Die Daten Dritter (Städte, Land, Wasserversorgungsunternehmen, Sonstige) werden nach Möglichkeit integriert:

### 5.3.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung

#### **Indikatoren**

- Abgekoppelte Fläche (Gesamtes Ziel, Umsetzung pro Jahr),
- Überstau- und Überflutungsverhalten des Kanalnetzes,
- Entlastungstätigkeit der Regentlastungen,
- Hochwasseraufkommen,
- Grundwasserstände (siehe E 3.1),
- Gewässer: veränderte Temperatur,
- Anzahl der Invertebraten (Indikator für trocken fallende Gewässer in Niedrigwasserphasen),
- Ökobilanzen (Vorgehen gemäß A 2.4.1: Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung in Bau, Betrieb und Rückbauphase).

Bei den Indikatoren handelt es sich um:

- Output und Outcome Indikatoren,
- Headline Indikatoren.

#### **Informationsbereitstellung**

Die Informationsbereitstellung muss noch abgestimmt werden.

### 5.3.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring

#### **Bewertungssystem**

Ein Bewertungssystem für die einzelnen Indikatoren wurde bislang nicht festgelegt.

**Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

- Abgleich mit E 3.1 (Kap. 5.2),
- Schnittstelle zum Monitoring der umgebauten Gewässer (Erfolgskontrolle),
- Schnittstelle zum Monitoring gemäß WRRL.

## 5.4 Management konkurrierender Nutzungen von Grund- und Oberflächengewässern an der mittleren Lippe (E4.1)

Zuständigkeit für das Kapitel: FIW, Aachen

### Wirkungsanalyse

Anhaltende Trockenheit kann zu innerjährlicher und räumlich begrenzter Knappheit an Rohwasser führen. Der erhöhte Bedarf an Wasser führt dann zu:

- Nutzungskonkurrenzen der verschiedenen Nutzer und Stakeholder,
- temporärer Übernutzung des Grundwasser-Dargebots,
- Einbußen der Wasserqualität und -menge in Oberflächengewässern bei Niedrigwasser,
- zu hohen Temperaturen in der Lippe.

Das Betrachtungsgebiet ist in Abb. 17 dargestellt.

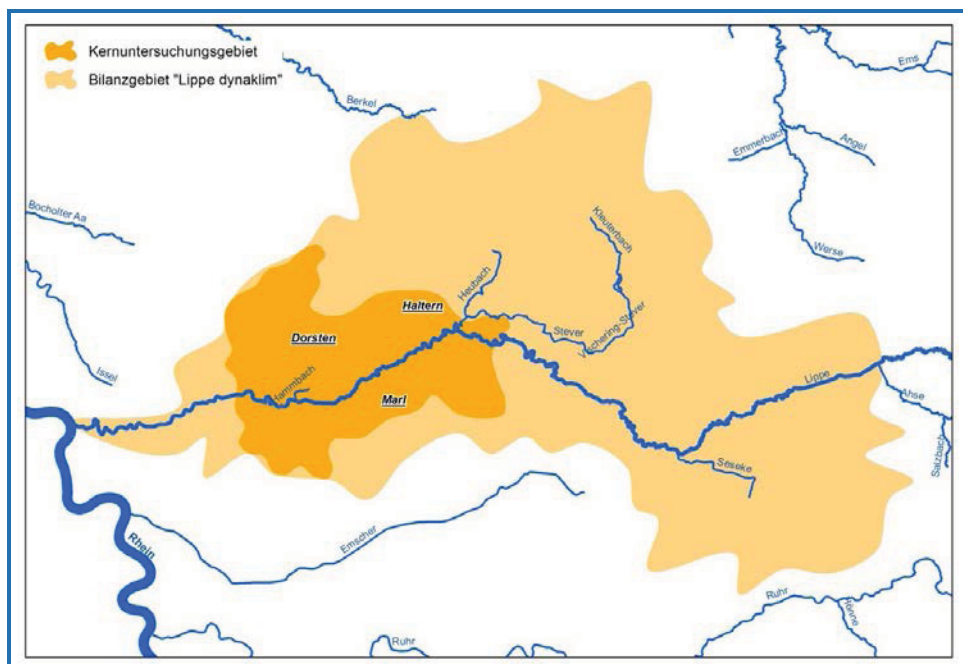


Abb. 17: Betrachtungsgebiet Mittlere Lippe

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Stakeholder und ihre Anforderungen.

Tab. 6: Stakeholder und grundsätzliche Anforderungen

Stakeholder	Anforderungen
Infracor	dauerhafte Kühlwasserableitung gewährleisten (bis zu 200 l/s + 0,1 C)
Westdeutsche Kanäle	dauerhafte Überleitung aus der Lippe in das Kanalnetz gewährleisten (bis zu 25 m <sup>3</sup> /s und bis zu 400 Mio. m <sup>3</sup> /a)
RWW, Gelsenwasser	flächige Grundwasserbelastungen durch Energiepflanzenanbau minimieren Abdeckung von Förderspitzten durch angepasste Wasserrechte ermöglichen Transparente und ausgeglichene Wasserbilanz gewährleisten
Kreis Recklinghausen, Kreis Wesel, Kreis Borken	transparente und ausgeglichene Wasserbilanz als Entscheidungsgrundlage bereitstellen
Stadt Dorsten, Stadt Haltern am See, Stadt Marl	Monitoring als Steuerungs- und Handlungsinstrument für tw. zu trockene Verhältnisse (Raum Lembeck) und in Poldern z. T. zu hohe Grundwasserstände
Lippeverband	Gewässerregulierung umsetzen  Mindestabfluss in der Lippe von 10 m <sup>3</sup> /s gewährleisten
RAG	Sichere und langfristige Ableitung von Grubenwässern
BR Münster, BR Arnsberg, Abt. 6	Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Erhalt einer ausgeglichenen Bilanz
Landwirtschaftskammer	Flächige Grundwasserbelastungen durch Energiepflanzenanbau minimieren
Evonik Degussa GmbH (Chemiepark Marl)	Förderung von Brauchwasser aus dem 2. Grundwasserstockwerk in hoher Qualität
Biologische Station Kreis Recklinghausen	Flächendifferenzierter Erhalt und Verbesserung des Wasserhaushalts in den Feuchtgebieten

## Anpassungskapazität

### Wissen

- Wissensdefizit noch hoch
- Regelmäßige Info an Bürger, Wassernutzer, Behörden und Politik erforderlich

### Wollen

- Ist eine Vereinbarung Regional Water Governance (RWG) zur Wassermengen- und -gütebewirtschaftung in der Region möglich?

### Können

- Erste Erfahrungen in E3.3, bisher abstrakte Diskussion, Wissens- und Personaldefizit,
- Akteure mit Kompetenzen und unmittelbaren Handlungsmöglichkeiten an einem Tisch.

### Dürfen

- RGW basiert auf Freiwilligkeit, kein gesetzlicher Rahmen.

### Müssen

- Gesetzlicher Auftrag zur behördlichen Regelung vorhanden,
- RWG als Chance.

### 5.4.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### **Zielkonkretisierung**

- Differenzierte Wasserversorgungssicherheit
  - Sicherstellung der Trinkwasserversorgung
  - Sicherstellung der regionalen Nahrungsmittelproduktion
  - Sicherung und Wiederherstellung wassersensibler Ökosysteme
- Vermeidung von Nutzungs-Verboten durch proaktives Management (regional governance) und Schaffung eines Ausgleichs, der die verschiedenen Nutzungsansprüche an das Wasser in Menge und Qualität in der Mittleren Lipperegion regelt

#### **Entscheidungsbedarf**

- Reichen das Wissens und die (personellen) Ressourcen, um die Aufgaben zu bewältigen? Oder müssen weitere Ressourcen bereitgestellt werden?
- Muss die Wassermengen- und -gütebewirtschaftung ausgeweitet werden? Oder reichen die bisherigen wasserrechtlichen Genehmigungen und Überwachungen? Reichen hierzu vereinbarte Absprachen oder sind weitere wasserrechtliche Festlegungen erforderlich?
- Wie können Kompensationsansätze bei einer Mangelsituation aussehen?
- Müssen bisherige unbeschränkte GW-Nutzung für die Hofnutzung angepasst werden?
- Kann/sollte die bisher vorgeschriebene innerjährliche Wasserbilanz auf einen längeren Bilanzzeitraum ausgedehnt werden, also ausgeglichene Grundwasserbilanz für 2 oder mehr Jahre?
- RWG als festen Bestandteil des Abstimmungsprozesses eines erweiterten behördlichen Handels aufnehmen
- Wie können in Wassermangelzeiten die Anforderungen der Wassernutzer bedient (Tab. 5) und Schäden im Naturhaushalt vermieden werden? Kann/Soll es Vorrangstellungen von Nutzungen geben?

#### **Handlungsoptionen**

(1) Nahe Zukunft: Konsensorientierte Organisations-, Steuerungs- und Kompensationslösungen

- Monitoring/Überwachung der Entnahmen,
- Informationspolitik (Politik, Kommunen und Bürger),
- Kompensationen.

(2) Ferne Zukunft: Ergänzung durch technische Anpassungen

- Speicherung/Anreicherung,
- Bewirtschaftungsanpassungen,
- Reduzierung von Entnahmen aus der Lippe und/oder dem Grundwasser,
- Erhöhung der Pumpkapazitäten zur Lippewasserüberleitung,
- Reduzierung/Anpassung der Wasserrechte (ggf. gekoppelt an Grenzgrundwasserstände),
- Keine weitere Erteilung von Wasserrechten.

### 5.4.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur

#### **Informationsbedarf**

- Auswirkungen des Klimawandel auf den Wasserhaushalt (räumliche/zeitliche Veränderung der Grundwasserneubildung und der Grundwasserstände),
- Derzeitige Entnehmer mit Wasserrechten, Jahresentnahmen und daraus abgeleitete Wasserbilanz und Auswirkungen auf den Wasserhaushalt,

- Entwicklung der Grundwasserstände und Gewässerabflüsse,
- Entwicklung in den Feuchtgebieten (Sensitive Ökosysteme),
- Ab wann reichen die natürlichen Wasserressourcen nicht mehr aus, um alle Anforderungen zu erfüllen und Schädigungen im Naturhaushalt zu verhindern?
  - Grundwasserbilanz für trockene Sommer (z. B. 2003),
  - Grundwasserbilanz bei erhöhter Nachfrage (z. B. Ausdehnung der Wasserrechte),
  - Grundwasserbilanz bei Klimaszenarien;
- Reichen die Kapazitäten zum Hochpumpen von Rheinwasser ( $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) über den Rhein-Herne-Kanal und Datteln-Hamm-Kanal auch bei worst-case Szenarien?
- Kosten der Wassermengenbewirtschaftung und -nutzung,
- Auswirkungen auf die Gewässerqualität (für ländlichen Raum eher gering).

### Informationsstruktur

Zurzeit werden einige der benötigten Informationen dezentral erhoben (EGLV und Dritte), aber werden im Zusammenhang betrachtet. Vor allem zur Bilanz (Wasserrechte, aktuelle Entnahmen) fehlen Daten. Die Ergebnisse werden allen Interessierten zur Verfügung gestellt (Kap 5.2.8).

#### 5.4.3 Monitoringstrategie

Es werden Messdaten und Indikatoren überwacht, die Aussagen über die Grundwasserverhältnisse und den Gewässerzustand der Lippe geben, weil alle Nutzungsansprüche an den Wasserhaushalt letztlich Einfluss auf den Gewässerzustand der Lippe haben.

Neben dem wasserwirtschaftlichen Monitoring soll aber auch der Erfolg des Managements der konkurrierenden Nutzungen erfasst und bewertet werden.

Basis ist die überschlägige Wasserbilanz, anhand derer die Monitoringpunkte abgeleitet werden können.



Abb. 18: Überschlägige Grundwasserbilanz in  $\text{m}^3/\text{s}$  für trockene Sommer (ahu AG)

#### 5.4.4 Messdaten

- Erfassung der Wasserentnahmen aller Nutzer,
- Bedarfsanalysen aller Nutzer erstellen und abstimmen (RWG),

- Hauptparameter sind die Grundwasserstände, Wasserabfluss, Fördermengen und –qualitäten,
- Schnittstelle zur Fließgewässergüte und Monitoring im Rahmen der WRRL,
- Lippeabfluss an der Überleitungsstelle,
- Temperatur Lippe,
- Entnehmer, Wasserrechte und jährliche Fördermengen,
- landschaftsökologischer Zustand wasserabhängiger Landökosysteme.

#### **5.4.5 Messnetz**

Die Messdaten werden an den Messstellen der WVU und des Lippeverbandes erhoben.

#### **5.4.6 Datenerhebung**

Die Datenerhebung erfolgt in den Messfrequenzen der beteiligten Organisationen.

#### **5.4.7 Datenmanagement**

Das Datenmanagement erfolgt zzt. in der Verantwortung der beteiligten Organisationen.

#### **5.4.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung**

##### **Datenanalyse**

Die Datenanalyse erfolgt zzt. in der Verantwortung der beteiligten Organisationen.

##### **Indikatoren**

Ziel ist es, folgende Indikatoren mit entsprechenden Aussagen abzuleiten:

- keine Nutzungseinschränkungen (Landwirtschaft, Wasserwirtschaft),
- Gewässerzustand der Lippe nach WRRL (Güte, Menge und Temperatur),
- guter mengenmäßiger Zustand, d. h. ausgeglichene Bilanz auch in Trockenjahren (kein Trend der Grundwasserstände) im Grundwasserleiter an Monitoringmessstellen,
- guter qualitativer Zustand (keine Belastung und kein Trend an Monitoringmessstellen),
- keine negative Entwicklung in den Feuchtgebieten (z. B. Veränderung der Feuchtezahlen nach ELLENBERG in ausgewählten Dauerquadraten).

Bei den Indikatoren handelt es sich um Outcome Indikatoren.

##### **Informationsbereitstellung**

Die Messdaten sowie die Indikatoren sollen allen Interessierten zur Verfügung gestellt werden.

#### **5.4.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

##### **Bewertungssystem**

Vorstellbar sind:

- Alarmsystem an Monitoringmessstellen und in den Feuchtgebieten
- Vorab vereinbarte Regelungen bei Nutzungskonkurrenzen.



**Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

- Best practice Beispiel für regional governance?

**5.5 Lösungen für eine sichere Trinkwasserversorgung (E4.1)****Zuständigkeit für das Kapitel: IWW**

Zukünftige – aus dem Klimawandel resultierende – Anforderungen und Aufgaben für eine sichere Trinkwasserversorgung werden identifiziert. Darauf aufbauend sind flexible und an den Klimawandel angepasste wasserwirtschaftliche Technologiekonzepte zu entwickeln – von der Gewinnung über die Aufbereitung bis zur Verteilung. Neben der Erprobung von Betriebs- und Technologiealternativen umfasst dies auch die Untersuchung umwelthygienischer Auswirkungen steigender Temperaturen im Boden und im Verteilungsnetz. Ziel ist es, technologische und betriebliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel für die Wasserversorgung sowie Innovationsansätze zur Verfügung zu stellen.

Die Untersuchungen in *dynaklim* haben gezeigt, dass sehr viele Anforderungen bereits im Rahmen der allgemeinen Risikovorsorge (Hochwasserschutz, Umsetzung der DVGW W 1001/W 1002, TSM nach DVGW W 1000) und der fortlaufenden Modernisierung der Infrastruktur berücksichtigt werden.

**Wissen**

Die Wasserversorger sind über die historischen Veränderungen der Wasserquantität und -qualität in der Regel gut informiert. Um auch das Wissen um die Risiken und Möglichkeiten zu erhöhen, haben in 2010, 2011 und 2012 insgesamt 4 Treffen der im Rahmen von *dynaklim* organisierten „Plattform Wasser und Infrastruktur“ zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung stattgefunden, die jeweils von 50 bis 90 Vertretern der Region besucht wurden. Darüber hinaus wurde in 2013 im Rahmen eines IWW-Kolloquiums ein Treffen mit 43 regionalen Vertretern der Trinkwasserversorgung zur Diskussion möglicher Anpassungspfade und -maßnahmen durchgeführt. Begleitende Veranstaltungen zur Wissensvermittlung zu möglichen Anpassungswegen wurden von den zuständigen Landesbehörden (LANUV, MKUNLV) veranstaltet.

**Wollen**

Die Wasserversorger wollen eine sichere Wasserversorgung auch unter klimatischen Extrembedingungen sicherstellen. Die für erforderlichen Anpassungsmaßnahmen benötigten finanziellen Mittel müssen jedoch durch jeden einzelnen Wasserversorger aufgebracht und letztendlich durch die Kunden finanziert werden. Der Druck durch kartellrechtliche Prüfungen in Bezug auf die Wasserpreise führt bei manchen Unternehmen zu einer nur eingeschränkten Bereitschaft, Anpassungsmaßnahmen ohne konkreten Handlungsdruck und unter unsicheren Planungsbedingungen durchzuführen.

**Können**

Der technische Sachverstand ist bei den regionalen Wasserversorgern vorhanden. Die Umsetzung von Anpassungsstrategien und -maßnahmen erfolgte wird in der Region bereits zum Teil (z. B. Hochwasserschutzmaßnahmen bei RWW). Teilweise, besonders bei kleinen WVU, fehlen die Ressourcen zu einer umfassenden Prognose der Klimawandelauswirkungen auf die verwendeten Wasserressourcen und Infrastruktur sowie die Risikobewertung und Ableitung von ggf. erforderlichen Maßnahmen. Ein maßgeschneidertes Konzept der Risikobewertung, zum Beispiel ein „Klimawandelcheck Wasserversorgung“ wäre hilfreich, um den Einstieg zu erleichtern.

## Dürfen

Technische Anpassungsmaßnahmen an der technischen Infrastruktur der Wasserversorgung liegen grundsätzlich in der Verantwortung der einzelnen Wasserversorger. Hierbei sind die Trinkwasserverordnung und die allgemein anerkannten Regeln der Technik (z. B. DVGW, DIN) einzuhalten. Weiterhin sind Auflagen aus den Wasserrechtsanträgen (Untere Wasserbehörde) und den regelmäßigen Überprüfungen des Gesundheitsamtes (Wasserschau) zu erfüllen.

## Müssen

Die Wasserversorger müssen die Wasserversorgung nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung u. a. Gesetze, Technische Regeln und Auflagen) sicherstellen. Sie sind jedoch nicht verpflichtet, proaktive Anpassungsmaßnahmen an z. B. Klimawandelfolgen durchzuführen. Eine Abwägung der Risiken ist individuell und nur vom jeweiligen Unternehmen durchzuführen, so lange keine konkrete Gesundheitsgefahr der versorgten Kunden zu besorgen ist.

**Insgesamt wird die Anpassungskapazität als hoch eingeschätzt.**

### 5.5.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### Zielkonkretisierung

- Beibehaltung des (bisherigen) Versorgungskomforts für Privatkunden, Gewerbe und Industrie: ganzjährig sichere, ausreichende und effiziente Versorgung mit Trinkwasser,
- Vermeidung/Minderung negativer ökologischer Auswirkungen durch Wasserentnahmen,
- Rechtzeitiges Erkennen von Handlungsbedarf durch klimawandelbedingte Veränderungen.

#### Entscheidungsbedarf

- Müssen aufgrund von klimawandelbedingten Veränderungen die Gewinnung, die Aufbereitung, die Verteilung und die Nachfragestruktur verändert/angepasst werden?

#### Handlungsoptionen

An den Hauptadressaten „Behörde/Gesetzgeber“ richten sich die Maßnahmen:

- Vorrangstellung der TW-Versorgung bei Wasserentnahmen gesetzlich verankern  
In einigen Landeswasser-Gesetzen ist diese Vorrangstellung bereits bekräftigt (z. B. im Landeswassergesetz NRW vom 31.12.2007, §47(3) Wasserentnahmen zur öffentlichen Trinkwasserversorgung, [https://recht.nrw.de/lmi/owa/pl\\_text\\_anzeigen?v\\_id=3920070525140450679#FN15](https://recht.nrw.de/lmi/owa/pl_text_anzeigen?v_id=3920070525140450679#FN15)), und somit eine eindeutige Rechtsgrundlage für die Sicherung der Wasserversorgung in Engpasssituationen hergestellt.
- Regionale Wasserbilanz + Bedarfsanalyse für alle Nutzer erstellen, tatsächliche Entnahme messen  
Als Handlungsgrundlage ist eine vollständige regionale Wasserbilanz zu erstellen, die die regelmäßigen, tatsächlichen Entnahmen aller Nutzer erfasst. Gegebenenfalls noch vorhandene Lücken bei den Entnahmen vor allem einzelner Nutzer wären zu schließen. Eine Bedarfsanalyse (Ist-Stand) und -prognose ermöglichen das vorausschauende Management der regionalen Wasserressourcen. Hierbei sollten auch mögliche Entwicklungspfade, zum Beispiel Steigerung der landwirtschaftlichen Bewässerung, Rückgang der Entnahmen durch Kreislaufschließung in der Industrie etc. berücksichtigt werden.

- **Vulnerable Gebiete nachhaltig bewirtschaften:**  
Mit Kenntnis der regionalen Wasserbilanz lassen sich Risiken für eine mögliche Übernutzung in Engpass-Situationen identifizieren. Auf dieser Basis ergeben sich Bewirtschaftungskonzepte für die Wasserressourcen durch Schaffung von Alternativen in der Versorgungssituation (z. B. durch Nutzung von Verbund- oder Fernwasseroptionen, Extensivierung der Flächennutzung etc.).

An den Hauptadressaten „Wasserversorger“ richten sich die Maßnahmen:

- **Risiko- und Potenzialanalyse für technische Anlagen (Einzugsgebiete/Gewinnung, Wasserwerke, Verteilungsnetz, Speicher)**  
Die Risiko- und Potenzialanalyse für die technischen Anlagen vor dem Hintergrund des aktuellen und des prognostizierten Trinkwasserbedarfs stellt Aussagen zu Reserven und Ausbauoptionen zur Verfügung. Daraus leiten sich Anpassungsmaßnahmen ab, die technische (z. B. Kapazitätserweiterung, Reserve- und Störfalllösungen) oder organisatorische (z. B. Notversorgung) Lösungswege aufzeigen.
- **Analyse regionaler Verbundoptionen**  
Auch die Etablierung von regionalen Verbundoptionen erhöht die Widerstandsfähigkeit der Versorgungsinfrastruktur. Aus der Analyse der regionalen Verbundoptionen lassen sich vertragliche und organisatorische Vorkehrungen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit im Störfall ableiten.
- **Hochwasserschutz: technische Anlagen überflutungssicher gestalten**  
Technische Lösungen zur Sicherung der Brunnengalerien, des Wasserwerks, von Pump- und Förderanlagen erhöhen die Ausfallsicherheit. Mehr im Zuständigkeitsbereich der Behörden oder der zuständigen Flussgebietsverbände liegen dagegen überregionale Maßnahmen zur Dämpfung von Hochwasserscheiteln durch Schaffung von Entlastungsräumen, Abkopplung von Entwässerungsgebieten etc.

### 5.5.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur

#### **Informationsbedarf**

Auswirkungen des Klimawandels auf:

- den Wasserbedarf,
- die Mengensituation von Oberflächenwasser- und Grundwasserressourcen (Dargebot, Flurabstände, Abflussmengen, Abflussregime),
- die Qualität von Oberflächenwasser- und Grundwasserressourcen (u. a. Grundwasser: Nitrat, Sulfat, Härte, Karbonathärte, Pestizide, Spurenstoffe,...; Oberflächenwasser: Trübung, Temperatur, org. Spurenstoffe, Mikrobiologie, Temperatur),
- die Grundwasserneubildung und die Strömungsdynamik,
- die Trinkwassergewinnung und –aufbereitung,
- die Trinkwasserverteilung (Hygiene, Temperatur),
- Hochwassergefährdung von Wasserwerken/Gewinnungsanlagen.

#### **Informationsstruktur**

Menge- und Gütedaten (Grundwasser, Rohwasser, Trinkwasser) sowie Verbrauchsdaten werden dezentral von Wasserversorgern erhoben (Eigenüberwachung), ergänzt durch Fremdüberwachung (Behörden). Einsicht in die Daten kann auf Anfrage erfolgen.

### **5.5.3 Monitoringstrategie**

Monitoring ist eingebunden in das Multibarrierensystem der Wasserversorgungsunternehmen (1. Nachhaltiger Schutz der Trinkwasserressource durch Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten und Monitoring; 2. Trinkwasserversorgung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik von der Wassergewinnung über die Aufbereitung, Speicherung, Transport bis zur Verteilung; 3. Hausinstallationen mit geeigneten Materialien und fachgerechter Installation).

Überwachung der Grund- und Rohwasserqualität gemäß behördlicher Auflagen und Richtlinien/Verordnungen: Trinkwasserverordnung, Landeswassergesetz, Richtlinie für die Rohwasserüberwachung.

### **5.5.4 Messdaten**

#### **Oberflächenwasser**

- Abflussmengen Ruhr an mehreren Pegeln,
- Wasserqualität Ruhr, Ems, Lippe sowie regionale Wasserläufe mit Verbindung zum Grundwasser.

#### **Grundwasser**

- Abstichmessungen (Flurabstände),
- Entnahmemengen (Förderraten),
- Entnahmen Dritter,
- Vorfeldmessstellen in den Gewinnungsgebieten (Güte),
- Rohwasserüberwachung.

#### **Netze**

- Durchflussmengen (online an verschiedenen Stellen im Netz), daraus lässt sich über Nennweite der Rohrleitung auf die Fließgeschwindigkeit schließen,
- Wassertemperatur (i. d. R. diskontinuierlich),
- Wasserqualität (i. d. R. diskontinuierlich im Netz, am Zapfhahn).

### **5.5.5 Messnetz und Datenerhebung**

- Grundwassermessstellen in Wassergewinnungsgebieten,
- Grundwassermessnetze des Landes,
- Qualitätsmonitoring der Ruhr, Ems, Lippe u. a. durch das LANUV und zuständige Flussgebietsverbände,
- Rohwasserüberwachung – üblicherweise durch Wasserversorger,
- Trinkwasser (z. B. Ausgang Wasseraufbereitung, Trinkwasserspeicher, Netz, Zapfhahn) – durch Wasserversorger.

### **5.5.6 Datenmanagement**

- Eigenüberwachung der Versorger, Weitergabe der Daten an Behörden, Fremdüberwachung,
- Sammlung der Rohwasserdaten durch das Land (z. B. in einer landesweiten Grundwasserdatenbank (LANUV)).

### 5.5.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung

#### Datenanalyse

Mögliche Auswertungen bezüglich der Klimawandelauswirkungen auf Grundwasserstände wurden im Rahmen von Forschungsprojekten durchgeführt. Eine Auswertung der Qualitätsdaten der Rohwässer hinsichtlich möglicher Klimawandelauswirkungen liegt landesweit nicht vor, wurde im Rahmen von *dynaklim* jedoch für ausgewählte Fragestellungen bezogen auf Grundwasser als auch auf Oberflächenwasser in der Region durchgeführt.

#### Indikatoren

Indikatoren sollen den Anpassungsprozess beschreiben, die Anpassungsmaßnahmen bewerten und letztlich die Grundlage für eine Steuerung des Anpassungsprozesses schaffen.

Darüber hinaus wurden Indikatoren formuliert, die die Entwicklung der Klimawandelauswirkungen auf die Trinkwasserversorgung beschreiben und Bestandteil einer individuellen Risikobetrachtung durch jedes einzelne WVU sein sollten.

- Harte, quantifizier- und (z. B. in einem Ampelsystem) bewertbare Indikatoren:

##### Wassergewinnung Oberflächenwasser

- Tage mit Niedrigwasserstand/Trockenfallen im Vorfluter pro Jahr (d/a),
- max. Dauer der Niedrigwasserstände im Vorfluter pro Jahr (d),
- Tage mit quantitativen Einschränkungen in der Wassergewinnung (d/a),
- historische Entwicklung der Wasserqualität in den letzten 10 Jahren (z. B. Temperatur, O<sub>2</sub>-Gehalt, DOC, Trübung, Summenparameter für abwasserbürtige Stoffe, Indikatoren für mikrobiologische Belastung).

##### Wassergewinnung Grundwasser

- Flurabstände – im Bereich sensibler Gebiete,
- Tage mit quantitativen Einschränkungen in der Wassergewinnung (d/a),
- Historische Entwicklung der Wasserquantität und -qualität in den letzten 10 Jahren (z. B. Anstiege der Sulfat-, Nitratgehalte),
- Konkurrenzsituation mit anderen Verbrauchern?

##### Versorgungssicherheit und Qualität

- Entwicklung durchschn. spezifischer Wasserverbrauch ( $\text{m}^3/\text{E}^*\text{a}$ ),
- Spitzenfaktoren im Verbrauch ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),
- Entwicklung der Speicherkapazitäten des WVU ( $\text{m}^3$ ).

##### Anzahl/Dauer von Versorgungseinschränkungen und -ausfällen pro Jahr (Dauer in h)

- Anzahl von mikrobiologisch positiven Proben im Trinkwasserverteilungsnetz pro Jahr (situationsbedingt),
- Wasserdurchschnittstemperatur am Wasserwerksausgang (°C), ggf. Sommer und Winterhalbjahr,
- Max. Wassertemperatur am WW-Ausgang und im Netz an Tagen mit max. Lufttemperatur (°C),
- Anzahl von Anlagenausfällen oder -einschränkungen resultierend aus KW-Folgen (z. B. Überflutungen, qualitative Verschlechterung Rohwasser z. B. bei Hoch- oder Niedrigwasser (Anzahl/a),
- Kosten je  $\text{m}^3$  Trinkwasser (€/m<sup>3</sup>),
- Ausgaben für Klimawandelanpassung (€/), (€/m<sup>3</sup>).

- Beschreibende, qualitative Indikatoren:
  - Besteht ein Risikomanagement unter Berücksichtigung der KW-Folgen?
  - Werden die hierfür relevanten Kennzahlen/Indikatoren regelmäßig erhoben und ausgewertet?
  - Wirkungszusammenhang zwischen Maßnahme(n) und Auswirkung?
  - Nutzen von Maßnahmen?
  - Lebensqualität (ggf. Akzeptanz von zeitweisen Versorgungseinschränkungen z. B. in sekundären Qualitätsparametern)?

Indikatoren zu Kundenzufriedenheit, Akzeptanz, Gebührenentwicklung und Kosten der Anpassungsmaßnahmen siehe AB6 (z. B. E6.2).

Eine Festlegung von konkreten Ziel-/Schwellenwerten ist aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen in Bezug auf die Wasserressourcen, Aufbereitungstechniken und Infrastrukturen nur für jedes WVU individuell möglich.

Informationsbereitstellung

- Wer liefert den einzelnen Ergebnisbereichen was? Wann an andere Ergebnisbereiche?
- Wer organisiert die Zusammenführung? (Roadmap? Monitoring?)

#### **5.5.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

##### **Bewertungssystem**

Ein Bewertungssystem, ab wann eine Zielerreichung gefährdet ist, muss für die unterschiedlichen Versorgungsgebiete separat festgelegt werden.

##### **Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

Umfang und Möglichkeiten zur Informationsnutzung im Monitoring (Verfügbarkeit von Daten, Nutzung, Rechte für die Veröffentlichung) wurden noch nicht zusammengestellt.

Mit folgenden Monitoringfeldern ist ein Austausch an Ergebnissen sinnvoll:

1. Management konkurrierender Nutzungen von Grund- und Oberflächengewässern (E3.3)
  - Gewässerzustand der Lippe nach WRRL (Güte, Menge und Temperatur)
  - Guter mengenmäßiger Zustand, d. h. ausgeglichene Bilanz auch in Trockenjahren (kein Trend der Grundwasserstände) im Grundwasserleiter an Monitoringmessstellen
  - Guter qualitativer Zustand (keine Belastung und kein Trend an Monitoringmessstellen)
2. Nachhaltige urbane Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung (AP 3.1)
  - Indikator Verdunstung und Wasserverfügbarkeit
3. Stadtklimaverbesserung (E4.3)
  - Indikator Boden- und Trinkwassererwärmung

## 5.6 Siedlungswasserwirtschaft (E 4.2)

### Zuständigkeit für das Kapitel: Emschergenossenschaft

Die Grundwasserbewirtschaftung ist seit Gründung der Emschergenossenschaft im Jahr 1906 eine Kernaufgabe, da durch den Bergbau und die damit verbundenen Landsenkungen die Oberflächengewässer nicht mehr störungsfrei abließen und das Grundwasser in weiten Teilen des Emschergebietes bis über die Grundwasseroberfläche anstieg.

Der Schwerpunkt lag in der Vergangenheit auf der sicheren, (kosten-)effizienten Fassung und Ableitung des Grundwassers in den nächsten Vorfluter oder Kanal. Die Fassung (z. B. über undichte Abwasserkanäle) und Ableitung (in den zu Transportrinnen umgebauten Gewässern) erfolgte häufig zusammen mit Abwasser. Eine Nutzung des Grundwassers erfolgte in der Regel nicht.

Im Folgenden erfolgt die Einordnung des Ergebnisbereichs Siedlungswasserwirtschaft (E4.2) in die oben beschriebene Vorgehensweise. Die Bearbeitung der einzelnen Arbeitspakete erfolgt in Abstimmung mit dem Ergebnisbereich E3.2 „Regenwasserbewirtschaftung“. E4.2 beinhaltet folgende Bereiche der Siedlungswasserwirtschaft:

- Entwässerungssysteme/Kanalisation,
- Kläranlagen.

### Wirkungsanalyse

In E4.2 erfolgt eine detaillierte Wirkungsanalyse gemäß folgender Faktoren:

#### Exposition

Veränderung des Niederschlagsregimes durch Verschiebung der jahreszeitlichen Niederschlagsmengen vom Sommer in die Wintermonate bei gleichzeitiger Erhöhung der Niederschlagsintensitäten. Veränderung der an die Entwässerungssysteme angeschlossenen Flächen durch systematische Abkopplung abflusswirksamer Flächen (vgl. E 3.2).

- Entwässerungssysteme: zusätzlich Veränderung weiterer abflussrelevanter Faktoren: regionale demografische Entwicklung, Flächenversiegelung, städtebauliche Aspekte, Zustandsentwicklung der Kanalisationen und Fremdwassereliminierungsmaßnahmen.
- Kläranlagen: zusätzlich Veränderung der Abwasser-Temperatur.

Die Folge der beschriebenen Veränderungen ist ein verändertes Abflussgeschehen in den innerstädtischen Entwässerungssystemen und eine veränderte Überflutungssituation (Erhöhung der Gefährdung) und somit eine veränderte Exposition der dort befindlichen Risikoelemente (Bebauung, soziale und technische Infrastruktureinrichtungen).

### Empfindlichkeit

#### Entwässerungssysteme:

Betrachtung der Empfindlichkeit urbaner Infrastrukturen (Gebäude, soziale Einrichtungen, technische Infrastrukturen) gegenüber einer direkten Überflutung bzw. gegenüber Beeinträchtigungen als Folge von Überflutungen).

#### Kläranlage:

Aufgrund der Drosselung des Zulaufvolumenstroms ist eine Kläranlage aus Volumensicht nicht empfindlich. Bei etwa gleichbleibenden Gesamtniederschlägen, aber unterschiedlicher Niederschlagsintensität kann eine Kläranlage jedoch durch häufiger auftretende Spülstöße belastet werden. Das vorgeschaltete Kanalsystem beeinflusst, ob und wie häufig ein Spülstoß die Kläranlage erreicht. Darüber hinaus kann sich infolge veränderter Abwassertemperaturen die Reinigungsleistung der Kläranlage (längere kalte Mischwasserzuflüsse in den Wintermonaten) verändern.

## Wirkungsmodelle

Zur Betrachtung der Entwässerungssysteme werden folgende Modelle eingesetzt:

- Veränderung der Niederschläge und der Temperatur: Übernahme aus AP 3.1,
- Veränderung der Überstauhäufigkeiten im System: Modell Mike Urban,
- Veränderung der Überflutungssituation auf der Oberfläche: Modell Mike Flood.

Zur Betrachtung der Kläranlagen werden folgende Modelle eingesetzt:

- Veränderung der Niederschläge und der Temperatur: Übernahme aus AP 3.1,
- Veränderung der Ablaufwerte der Kläranlage: SIMBA,
- Veränderung der Belastung des vorgeschalteten Kanalnetzes: SIMBA SWMM.

## Risikoanalyse

### Entwässerungssysteme:

In der Risikoanalyse erfolgt eine Verschneidung der Wasserstände über GOK (Gefährdung) und der Empfindlichkeit der verschiedenen Nutzungen auf der Oberfläche. Bei Wasserständen, die eine Nutzung der Oberfläche beeinträchtigen oder zu Schäden der Nutzungen führen, liegt eine konkrete Gefährdung der Anlagenelemente vor, so dass sich aus dem Produkt aus Gefährdung (Häufigkeit der Überflutung, Exposition von Anlagenelemente) und der Empfindlichkeit das spezifische Risiko für jedes Element ergibt.

### Kläranlagen:

Für Kläranlagen wird das Risiko analysiert, inwieweit Veränderungen des Abflussgeschehens (Temperatur, Menge) zu Überschreitungen der Überwachungswerte am Kläranlagenauslauf und somit zu einer Reduzierung der Reinigungsleistung der Kläranlagen führen.

Zusätzlich wird das Risiko der Überschwemmung einer Kläranlage bei Hochwasser (gewässerbezogen) und infolge innerstädtischer Überflutungen (vgl. Risikoanalyse Entwässerungssystem) betrachtet.

## Potenzialanalyse der Anpassungskapazität

Eine Potenzialanalyse der Anpassungskapazität wird nicht explizit durchgeführt. Die Anpassungskapazität wird jedoch wie folgt eingeschätzt.

## Wissen

### Entwässerungssysteme:

Die Betreiber von Entwässerungssystemen und somit auch die Städte und Kommunen sind in der Regel über mögliche Schwachstellen und Risiken informiert, entweder aus eigener Erfahrung oder aus fachlichen Diskussionen (Veranstaltungen, Veröffentlichungen). Um zukünftige Planungen zu vereinfachen, sollte die Kommunikation mit weiteren Planern (Stadtplanung, Straßenplanung etc.) stattfinden. Hierzu ist eine Unterstützung erforderlich.

## Wollen

Die Funktionalität der Ableitung und Behandlung des Abwassers ist daher auch unter sich verändernden Randbedingungen gewünscht bzw. erforderlich. Hierbei ist jedoch der Aspekt des Entwässerungskomforts zu berücksichtigen (welche Dinge sind wirklich erforderlich und welche Risiken sind hinnehmbar?)

## Können

Kläranlagen/Entwässerungssysteme: Der technische Sachverstand ist bei den Kläranlagen- und Kanalnetzbetreibern vorhanden. Da bei den meisten Planungsprozessen auch weitere Akteure einzubinden sind, muss jedoch auch mit Einschränkungen gerechnet werden.



## Dürfen

Die zuständigen Betreiber von Kanalnetzen und Kläranlagen dürfen die Systeme im Rahmen der gesetzlichen Randbedingungen und den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln optimieren und anpassen. Hierbei können die verfügbaren Entscheidungsspielräume genutzt werden.

## Müssen

### Entwässerungssysteme:

Sofern keine dringlichen Probleme vorliegen oder neue Gebiete angeschlossen werden, müssen Entwässerungssysteme nach den a. a. R. d. T. geplant und betrieben werden.

### Kläranlagen:

Die der Kläranlage zufließenden Abwässer müssen derart aufbereitet werden, dass das dem Vorfluter zugeführte aufbereitete Abwasser (Klarwasser) die Grenzwerte der Abwasserverordnung einhält.

Die Anpassungskapazität wird generell als hoch eingeschätzt.

## Verwundbarkeit

Entwässerungssysteme: Je nach Ausgangssystem und der Änderung der zukünftigen Randbedingungen (die nicht für alle Systeme einer gleichen Veränderung unterliegen) ist die Verwundbarkeit entsprechend den gebietstypischen Merkmalen spezifisch zu bestimmen.

## Anpassungsstrategie

Entwässerungssysteme:

Reduzierung der Gefährdung:

Reduzierung der an das Entwässerungssystem angeschlossenen Flächen entsprechend dem möglichen Abkopplungspotenzial (Übernahme der Ergebnisse aus E3.2). Bau von oberflächigen Maßnahmen zur gezielten Führung der Abflüsse an den zu schützenden Anlagenelementen vorbei und somit geringe Exposition. Ergänzend Objektschutzmaßnahmen.

Reduzierung der Empfindlichkeit der Bebauung:

Keine Keller in Senken, technische Einrichtungen überflutungssicher, redundante Systeme (Notstrom bei Pumpwerken, oder Mischwassersammler unter der Straße und Straßenseitengraben für Überflutungen).

Kläranlagen:

Die Anpassungsstrategie beruht auf der Synchronisierung der turnusmäßig anfallenden Erneuerungen der Kläranlagen unter Berücksichtigung der tatsächlich eingetretenen klimatischen Veränderungen. Weitere Möglichkeiten zur Anpassung bieten Änderungen gesetzlicher Vorschriften. Weiteres Anpassungspotenzial bietet das vorgeschaltete Entwässerungssystem (Aufbau Rückhaltevolumina zur Reduzierung des Effekts von Starkregenereignissen).

## Monitoring

Entwässerungssysteme:

Überwachung, ob Anpassungsmaßnahmen in konzeptionellen Planungen abgebildet werden (ABK, NBK).

Erstellung von Kennwerten, die das Systemverhalten beschreiben und über die bekannten Kennwerte (Überstauhäufigkeit) hinausgehen und darauf aufbauend Beobachtung, ob sich die Gefährdung verändert. Weitergehende Kennwerte sollten sowohl einer weniger zeitintensiven Ersteinschätzung

der Betroffenheit (ohne zeitaufwendige Überflutungssimulation) als auch einer weitergehenden Bewertung potenzieller Risiken für verschiedene Szenarien entstammen.

Kläranlagen:

Eine Synchronisierung der Erneuerung von Kläranlagen mit dem Klimawandel zuzurechnenden Maßnahmen zur Anpassung.

### 5.6.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### **Zielkonkretisierung**

- Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen und des vereinbarten Entwässerungskomforts.
- Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Belange.

#### **Entscheidungsbedarf**

Reichen die Anlagen und die Anlagensteuerung aus, um auf klimawandelbedingte Veränderungen angemessen reagieren zu können?

#### **Handlungsoptionen**

- Anpassung der Anlagen an die geänderten Anforderungen.
- Anpassung der Anforderungen an die geänderten Randbedingungen.

### 5.6.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur

#### **Informationsbedarf**

Es gibt folgenden Informationsbedarf:

- Auswirkungen Klimawandel auf den Wasserhaushalt.
- Empfindlichkeit der Entwässerungsstrukturen

#### **Informationsstruktur**

Die Informationen werden dezentral erhoben (EGLV und Dritte), aber sie werden im Zusammenhang betrachtet. Die Ergebnisse werden allen Interessierten zur Verfügung gestellt (Kap 5.2.8).

### 5.6.3 Monitoringstrategie

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

### 5.6.4 Messdaten

#### **Messdaten**

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

#### **Indikatoren**

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

#### 5.6.5 Messnetz

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

#### 5.6.6 Datenerhebung

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

#### 5.6.7 Datenmanagement

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

#### 5.6.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

#### **Informationsbereitstellung**

Die Messdaten sowie die Indikatoren sollen allen Interessierten zur Verfügung gestellt werden.

#### 5.6.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring

##### **Bewertungssystem**

Ein Bewertungssystem für die einzelnen Indikatoren wurde bislang nicht festgelegt.

##### **Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

nicht für konkrete Anlagen bearbeitet.

## 5.7 Stadtklimaverbesserung (E4.3)

### 5.7.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### Zielkonkretisierung

- Vermeidung/Verminderung von gesundheitlichen Schäden an der Stadtbevölkerung infolge von häufigeren und länger andauernden Hitzeepisoden.
- Ermittlung der urbanen Quartiere mit hoher Hitzeanfälligkeit als Grundlage für städtebauliche Planung.
- Synergien und Kosteneffizienz: Senkung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung durch Verbesserung des Stadtklimas.

#### Entscheidungsbedarf

- Kosten-Nutzen-Analyse der städtebaulichen Handlungsempfehlungen.

#### Handlungsoptionen

- Positiv: Flächenentsiegelung, Fassadenaufhellung, Dach- und Fassadenbegrünungen, schatten spendende Bäume, Ventilationsflächen/-bahnen, verdunstungsaktive Flächen (Parks, Gewässer).
- Negativ: technische Kühlung (energieaufwändig, THG-emittierend).

### 5.7.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur

#### Informationsbedarf

- Auswirkungen des Klimawandels auf Häufigkeit, Intensität und Andauer von Hitzeepisoden.
- Klassifizierung urbaner Quartiere nach Hitzeanfälligkeit.
- Wirkung und Effizienz von städtebaulichen Handlungsempfehlungen:
  - 10 % Versiegelung = Anstieg der mittleren Temperatur um 0,8° C,
  - Auswirkungen auf das Stadtklima ab ca. 10 ha Grünfläche (z. B. Grugapark),
  - Auswirkung auf das Stadtklima ab ca. 10.000 m<sup>2</sup> Wasserfläche,
  - Kühleigenschaften von Böden.
- Kosten von städtebaulichen Handlungsempfehlungen.

#### Informationsstruktur

Die Informationen werden dezentral erhoben (Klimatologen, Stadtplaner, Architekten, EGLV), aber sie werden im Zusammenhang betrachtet. Die Ergebnisse werden allen Interessierten zur Verfügung gestellt (Kap 5.2.8).

### 5.7.3 Monitoringstrategie

- Messung von Ausmaß und Veränderung der Wärmebelastung in den einzelnen Klimatotypen.
- Messung von Einfluss der Flächennutzung (versiegelt vs. natürlich) auf die Lufttemperatur.
- Messung von Einfluss der Verdunstung auf die Lufttemperatur.
- Messung der Veränderung der Spitzentemperaturen in vergleichbaren Klimatopen (mit/ohne Maßnahmen; vorher/nachher).
- Erfassen der Umsetzungsfortschritte stadtklimarelevanter Minderungsmaßnahmen (output Indikator),
- Kontrolle der Effizienz von Minderungsmaßnahmen (outcome Indikator):

### 5.7.4 Messdaten

#### Messdaten

- Klimatologische Messstationen in verschiedenen urbanen Flächennutzungsstrukturen (Klimatopen):
  - Feststellung Ist-Zustand: In-Situ Messungen mit ergänzenden Modellierungen,
  - Prognose Plan-Zustand: Modellierungen.
- Ergänzende Nutzung von Messdaten Dritter (Umweltbehörden, Wetterdienstleister, Wasserversorger etc.).
- Extremwerte der Lufttemperatur.
- Austausch/Durchlüftung.
- Versiegelungsgrad.
- Vegetationsanteil.
- Oberflächenfeuchtigkeit, Wasserversorgung.

#### 5.7.5 Messnetz

- Ein exemplarisches Messnetz zur Beobachtung des Stadtklimas wurde im Rahmen von *dynaklim* in Oberhausen errichtet und umfasst:
  - 8 Klimastationen (Lufttemperatur, Feuchte, Wind, Bodentemperaturen) in 8 Klimatopen,
  - 2 Energie-/Wärmebilanz-Messstationen im Innenstadtbereich und im Gewässerbereich des Umlandes zur Erforschung der Verdunstung auf Quartiersebene,
  - 1 Niederschlagsmessstation (EGLV),
  - es gibt zudem Messnetze Dritter; DWD, Emschergenossenschaft, Wasserversorger, Städte.

#### 5.7.6 Datenerhebung

- Automatische Datenerhebung:
  - Klimastationen: Auflösung 3-Min.-Mittelwerte, Arbeitsgrundlage: 1 h-Mittelwerte,
  - Energie- /Wärmebilanz-Messstationen: Auflösung 20 Hz, Arbeitsgrundlage: ½ h-Mittelwerte,
  - Niederschlagsmessstation: Auflösung und Arbeitsgrundlage 1 h-Summe.

#### 5.7.7 Datenmanagement

Es gibt bislang kein Konzept für das Datenmanagement und die Integration der Daten Dritter.

#### 5.7.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung

##### **Datenanalyse**

- Untersuchung des Klimas der verschiedenen Klimatope im Hinblick auf saisonale und diurnale Variabilitäten sowie Unterschiede zwischen austauscharmen und -reichen Witterungsbedingungen.
- Bewertung der Relevanz der Klimadaten hinsichtlich der Wärmebelastung.

##### **Indikatoren**

Ziel ist es, folgende Indikatoren abzuleiten:

- Ausmaß und Veränderung der Wärmebelastung in den einzelnen Klimatoptypen.
- Einfluss der Flächennutzung (versiegelt vs. natürlich) auf die Lufttemperatur.
- Einfluss der Verdunstung auf die Lufttemperatur.

Mögliche Indikatoren aus der DAS (bosch & partner, Anhang 9) sind:

- Veränderung des Anteils an der Ausweisung für Grünzüge/Grünzäsuren in bioklimatisch belasteten Gebieten (RO-R-4).
- Veränderung des Anteils an der Ausweisung von Klimaschutzgebieten in bioklimatisch belasteten Bereichen (RO-R-7).
- Veränderung des Anteils erholungsgerechter Flächen (Erholungs- und Friedhofsflächen) an der siedlungs- und Verkehrsfläche in bioklimatisch belasteten Gebieten (RO-R-9).

Bei den Indikatoren handelt es sich um:

- Outcome Indikatoren,
- Headline Indikatoren.

### **Informationsbereitstellung**

Die Messdaten sowie die Indikatoren sollen allen Interessierten zur Verfügung gestellt werden.

## **5.7.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

### **Bewertungssystem**

Bewertungssysteme für Hitzebelastung bestehen nach VDI-RL 3587-BI. 2, allerdings gibt es keine gesetzlichen Grenzwerte.

### **Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

Mit folgenden Monitoringfeldern ist ein Austausch an Ergebnissen geplant:

1. Lösungen für eine sichere Trinkwasserversorgung (AP 4.1):
  - a. Indikator Boden- und Trinkwassererwärmung;
2. Nachhaltige urbane Grundwasserbewirtschaftung und -nutzung (AP 3.1):
  - a. Indikator Verdunstung und Wasserverfügbarkeit.

## 5.8 Anpassungsstrategie „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ (E5.1)

### Zuständigkeit für das Kapitel: prognos AG

Mit dem *dynaklim* Projekt wird für den Bereich der Wirtschaft des Ruhrgebietes versucht, Maßnahmen und Strategien zu entwickeln, die eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels proaktiv fördert. Die autonome Verantwortung der Unternehmen für ihre anpassungsbezogenen Belange unterscheidet die Breite der Wirtschaft von den wasserwirtschaftlichen Bereichen des *dynaklim* Projektes. Die Betroffenheit einzelner Systeme durch die Folgen des Klimawandels ist jedoch auch in der Wirtschaft der ELR (Schwerpunkt Ruhrgebiet) stark abhängig von den lokalen Gegebenheiten sowie internen und externen Rahmenbedingungen, in denen das System eingebettet ist.

Im Sinne einer Förderung der regionalen Anpassungskapazität ist in Form eines multiplikativen Ansatzes das Ziel verfolgt worden, gemeinsam mit den Wirtschaftsförderern der Region auf der Grundlage gewonnener Erkenntnisse erste Strategien zu entwickeln, die die Anpassung der Wirtschaft in der Emscher-Lippe Region (ELR) unterstützen. Der Arbeitsbereich „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ untersucht parallel die Betroffenheiten/Risiken und exemplarisch die Chancen der Wirtschaft.

### 5.8.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### Zielkonkretisierung

- Schaffung von Grundlagen, um die Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandel in der Breite der Ruhrgebietswirtschaft bekannt zu machen (Agenda-Setting).
- Ermittlung der übergreifenden Vulnerabilität (überbetrieblich) sowie der Anpassungskapazität in der Ruhrgebietswirtschaft/ELR.
- Bereitstellung eines angemessenen Tools zur Risikoeinschätzung in den Unternehmen (der produzierenden und verarbeitenden Wirtschaft).
- Exemplarische Aufbereitung von Marktbearbeitungsstrategien in Anpassungstechnologien (Wasser, Kühlung); Begleitung von Marktbearbeitungsstrategien in Anpassungstechnologien.
- Erhöhung der Anpassungskapazität durch capacity building.
- Abstimmung mit den Plattformakteuren, ob und welche Aktivitäten „Ziel der Ruhrgebietswirtschaft“ sein sollen.
- Identifikation von HotSpots (räumlich oder branchenbezogen) und spezifische Zielformulierung
- Angemessene Informationsintensität bestimmen und rechtzeitiges Erkennen von Handlungsbedarf fördern.

#### Entscheidungsbedarf

- Ist die Anpassungskapazität in der Region ausreichend? Wer muss dies im Zusammenhang unternehmerischer Anpassung leisten?
- Reichen Inhalte und Darbietungsformen, um die Anpassungskapazität zu erhöhen?
- Existiert der Bedarf einer Marktbearbeitungsstrategie für die Einschätzung der Chancen des Klimawandels?
- Auswahl primärer Technologiefelder.
- Schaffung/Auswahl von Diffusionskanälen.

#### Handlungsoptionen

##### Regionsbezogen

- Intensivierung des Themensettings in der Wirtschaft und den Stakeholdern.
- Erweiterung passgenauer Angebote zur Anpassung.
- Änderung der Vermittlung des Themas.
- Unternehmerisch.
- Versicherung.

- Bauliche Maßnahmen.
- Risikomanagement.
- Technologieorientierung.

#### Übergreifend

- Anpassungspfade der RoadMap.

### 5.8.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur

#### **Informationsbedarf**

- Exposition: Auswirkungen des Klimawandels auf Häufigkeit, Intensität und Andauer von Extremwetterereignissen:
  - Starkregenereignisse,
  - Niedrigwasser Situationen in den Gewässern,
  - Hitzeperioden.
- Einschätzung der spezifischen Sensitivität (noch ohne Anpassungskapazität):
  - Standort,
  - Produktion,
  - Wertschöpfungsketten,
  - Arbeitsschutz und Produktivität.
- Zielstellung: Kosten/Nutzenabschätzung.
- Zielstellung: Risikoabschätzung.
- Zielstellung: Marktpotenziale.

#### **Informationsstruktur**

Die Informationen über die spezifischen Auswirkungen in der Wirtschaft der ELR liegen in der Körnigkeit für betriebswirtschaftliche Prozesse nicht vor.

### 5.8.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen

Eine Monitoringstrategie muss sich im Bereich der Wirtschaft der ELR vom Status Quo eines nicht existenten Themensettings begründen. Teil einer Monitoringstrategie ist auf jeden Fall mehr aber sinnvolle Aufmerksamkeit für das Thema durch:

- Veranstaltungen,
- Netzwerkveranstaltungen,
- Informationstools (ADAPTUS),
- Öffentlichkeitsarbeit.

Die Monitoringstrategie für ausgewählte Anpassungstechnologien (Kühlung, Wassertechnologien) kann zusätzlich andere Elemente enthalten:

- Kompetenzfeldentwicklung,
- Außenwirtschaftsfocus.

### 5.8.4 Messdaten

Messdaten werden bislang nicht systematisch erhoben.

Die Versicherungswirtschaft ist die einzige Branche, die regelmäßig das gesamte Set der Naturgefahren erhebt und zur Umsetzung für das eigene Geschäft verwendet. Öffentlich jedoch nur in teilweise sehr grober Auflösung.



Einzelne Unternehmen beobachten ihre Geschäftsentwicklung und gleichen diese mit ihrem Risikomanagement ab. Diese Geschäftsinterna können nicht für die ELR verwendet werden. Branchenkennwerte sind im Rahmen des Vulnerability-Assessment mit dem Ergebnis erhoben worden, dass diese für das Messen einer spezifischen Betroffenheit nicht ausreichen.

#### **5.8.5 Messnetz**

- Ein analoges Messnetz mit Daten analog bspw. zur Grundwasserbildung kann nicht vorliegen.
- Daten werden bislang nicht systematisch erhoben.
- Die Ergebnisse bspw. der Unternehmensbefragung sind qualitativ und nicht repräsentativ.

#### **5.8.6 Datenerhebung**

- Ein Konzept für eine systematische Datenerhebung liegt nicht vor.
- Sonstige Befragungen.

#### **5.8.7 Datenmanagement**

- Bestimmung einer oder mehrerer verantwortlicher Stellen für das Monitoring der Anpassungsaktivitäten in der Wirtschaft des Ruhrgebietes/der ELR.

#### **5.8.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung**

Eine Möglichkeit, Daten und Informationen über den Anpassungsprozess im Ruhrgebiet zu erhalten, besteht ggf. in den Indikatoren der RoadMap-Maßnahmen. Indikatoren können sein:

- Evaluierung von ADAPTUS inkl. der systematischen Auswertung von Erfahrungsberichten.
- Anzahl und Ausrichtung von Informationsveranstaltungen.
- Angebot von Beratungen und Förderung.
- Risikokarten für Gewerbe- und Industriestandorte inkl. der Erarbeitung von Maßnahmenkatalogen für besonders vulnerable Gebiete.
- Spezifische Info-Veranstaltungen zu Interessensgemeinschaften.
- Klimaanpassung ist regelmäßig Thema auf Netzwerkveranstaltungen und Fachkonferenzen.
- Aufbau von Kommunikationsplattform für Anpassungstechnologien (bspw. Kühlungsnetzwerk; siehe Kältenetz Hamburg).
- Dokumentation der Ergebnisse, Ermittlung der Fortschritte und Darlegung der Übertragbarkeit; Aufbereitung Modellstandorten.
- Aufnahme von technologieorientierten Firmen und F&E-Instituten in Datenbanken/ und oder die Wissenslandkarte.
- Messung Nutzung der Datenbank/ und oder der Wissenslandkarte.
- Informationsangebote sind online verfügbar.

#### **5.8.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring**

Definierte Bewertungssysteme für die Anpassungsintensität und -kapazität der Wirtschaft existieren nicht.

## **5.9 Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems (E6.1)**

**Zuständigkeit für das Kapitel: FIW**

Das Kapitel wurde nicht bearbeitet.

### **5.9.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen**

**Zielkonkretisierung**

**Entscheidungsbedarf**

**Handlungsoptionen**

### **5.9.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur**

**Informationsbedarf**

**Informationsstruktur**

### **5.9.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen**

### **5.9.4 Messdaten**

**Messdaten/Datenquellen**

### **5.9.5 Messnetz**

### **5.9.6 Datenerhebung**

### **5.9.7 Datenmanagement**

### **5.9.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung**

**Datenanalyse**

**Indikatoren**

**Informationsbereitstellung**

### 5.9.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring

**Bewertungssystem**

**Informationsnutzung**

## 5.10 Konzept zur Integration wasserwirtschaftlicher Organisations-, Finanzierungs- und Entscheidungsunterstützungsmodelle in der Region (E6.2)

**Zuständigkeit für das Kapitel: RUFIS**

### 5.10.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### **Zielkonkretisierung**

Organisations-, Finanzierungs- und Tarif- bzw. Gebührenstrukturen für wasserwirtschaftliche Dienstleistungen sind historisch gewachsen. Damals war Klimawandel noch kein Thema. Aus diesem Grunde müssen die bestehenden Strukturen analysiert und dahingehend überprüft werden, ob und inwieweit sie in der Lage sind, den organisatorischen Herausforderungen und dem erhöhten Finanzierungsbedarf, der mit einer Anpassung an den Klimawandel einhergeht, gerecht zu werden. Alternativ müssen Neustrukturierungen in beiden Bereichen entwickelt und gegen die mit ihnen verbundenen Kosten abgewogen werden.

Ziel ist deshalb die effiziente Anpassung von Finanzierung und Organisationsstrukturen an den erhöhten Finanzierungsbedarf, der mit einer Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel einhergeht.

Unterziele sind:

- Förderung von anpassungsfähigen Organisationsformen in den Bereichen Wasserver- und Abwasserentsorgung sowie Gewässerunterhaltung und Grundwasserbewirtschaftung, die evtl. notwendige Umstrukturierungen erlauben.
- Vereinfachung und Strukturierung von Entscheidungen.
- Entwicklung von an die zukünftigen (unsicheren) Herausforderungen angepassten Gebühren- und Tarifmodellen.
- Prüfung der Einsatzfelder unterschiedlicher Finanzierungsmodelle für laufende Ausgaben einerseits und Investitionen andererseits.
- Prüfung der Akzeptanz in der Bevölkerung.
- Einführung akzeptierter kostendeckender Wasserpreise.
- Einführung eines akzeptierten Modells zur Regelung konkurrierender Wassernutzungen.
- Erleichterung der Auswahl zwischen alternativen Anpassungsmaßnahmen zur Unterstützung der regionalen Akteure.

Dazu wird mit regionalen Partnern ein Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt, das anpassungsfähige, klimarobuste Organisations- und Finanzierungsmodelle einsetzt.

#### **Entscheidungsbedarf**

- Werden die Ziele erreicht?
- Wenn ja, reichen die Maßnahmen (Prozesse), um die Anpassungskapazität (Outcome) der Region zu erhöhen? Gibt es Verbesserungspotentiale?

#### **Handlungsoptionen**

- Erhöhung der Flexibilität der eingesetzten Infrastruktur.
- Identifizierung und Hinterfragung von bestehenden Strukturen/Organisationen.
- Rückkopplung bei Gebühren- und Beitragszahlern.
- Verbesserung des Informationsstandes für Anbieter wasserwirtschaftlicher Leistungen auch in Bezug auf notwendige Anpassungsmaßnahmen.
- Verbesserung des Informationsstandes für Wassernutzer (nach Interessenlage differenziert) auch in Bezug auf notwendige Anpassungsmaßnahmen.

- Förderung der Akzeptanz in der Bevölkerung.

### 5.10.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur

#### **Informationsbedarf**

#### **Informationsstruktur**

### 5.10.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen

Die Erfolge der Maßnahmen in AB6/E6.2 richten sich stark an lokalen Gegebenheiten aus und sind anders als technische Anzeigen nur schwer pauschal erfassbar. Die Akzeptanzfragen sind deswegen eher qualitativ als quantitativ zu fassen.

### 5.10.4 Messdaten

In dem AB6 werden eher abstrakte Ergebnisse erarbeitet, die sich nur schwer in konkreten Messungsergebnissen darstellen lassen.

#### **Messdaten/Datenquellen**

- Direkte Messung von Einzeldaten:
  - Input von Daten zu Niederschlag/Temperatur,
  - Gesamtkosten von Maßnahmen,
  - Gewässerqualität (WRRL),
  - Dauer der Entscheidungsfindung,
  - Ergebnisse aus der Befragung,
  - Anzahl der Widersprüche (Widerspruchsquote) gegen Gebührenbescheide von Bürgern und Firmen.
- Befragungen (konkretisieren)

### 5.10.5 Messnetz

Wurde noch nicht festgelegt.

### 5.10.6 Datenerhebung

Wurde noch nicht festgelegt.

### 5.10.7 Datenmanagement

Wurde noch nicht festgelegt.

### 5.10.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung

#### **Datenanalyse**

Wurde noch nicht festgelegt.

#### **Indikatoren**

Indikatoren sollen Rückblicke und Prognosen ermöglichen.

- Direkte Ableitung von Indikatoren:
  - Kosten für Maßnahmen pro Verbrauchseinheit oder pro Einwohner,
  - Ergebnisse aus der Befragung.
- Indirekte Ableitung von Indikatoren:
  - Wirkungszusammenhang zwischen Maßnahme(n) und Auswirkung,

- Nutzen von Maßnahmen,
- Bedeutung der Organisationsform für eine effiziente Anpassung an den Klimawandel.
- Bedingen bestimmte Organisationsformen bestimmte Finanzierungsalternativen im laufenden bzw. investiven Bereich bzw. gibt es Affinitäten?
- Ableitung von Indikatoren aus der Systemkenntnis heraus:
  - Stabile Gebühren und Beiträge werden auf jeden Fall als nicht negativ bei Bürgern und Unternehmen aufgefasst,
  - Abgrenzung von Indikatoren, die eingesetzt werden sollen bei konkurrierenden Nutzungen (hier auch Legitimierungsfrage),
  - Verursachergerechtigkeit (Nutznießer/Kostenträger-Übereinstimmung)?
- Harte, quantifizier- und (z. B. in einem Ampelsystem) bewertbare Indikatoren:
  - Häufigkeit von Überflutungen,
  - Überlauf von Kläranlagen,
  - Gebühren-/Tarifbelastung pro Einwohner,
  - Investitionskosten einer Maßnahme,
  - Betriebskosten einer Maßnahme,
  - Lebensdauer von Investitionen.
- Beschreibende, qualitative Indikatoren:
  - Spannweite der vorhandenen Organisationsformen,
  - Einbezug der Forschungsergebnisse in Entscheidungsfindungen,
  - Ergebnisse aus der Befragung,
  - Können wir zu allen vorgeschlagenen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ein akzeptiertes Finanzierungskonzept vorschlagen?
  - Lebensqualität,
  - Ästhetischer Eindruck/Landschaftsbild,
  - Akzeptanz/Zufriedenheit.
- Gemeinsame/vergleichbare Indikatoren mit anderen Ergebnisbereichen:
  - Unterschiedlicher Input aus naturwissenschaftlich-technischen Arbeitsbereichen, um eine Kosten-Nutzen-Analyse zu ermöglichen.

Informationsbereitstellung:

- Wer liefert was den einzelnen Ergebnisbereichen wann an andere Ergebnisbereiche?
- Wer organisiert die Zusammenführung? (Roadmap? Monitoring?)

#### 5.10.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring

##### **Bewertungssystem**

Wurde noch nicht festgelegt.

##### **Informationsnutzung**

Wurde noch nicht festgelegt.

## 5.11 Optimierung der Anpassungsfähigkeit des politischen, planerischen und Verwaltungshandelns (E7.1)

**Zuständigkeit für das Kapitel: RISP**

### Wirkungsanalyse

- Anstieg der Jahresmitteltemperaturen von 2021 bis 2050 um 1,3 °C (aktuell bei 9 – 11 °C liegend),
- Zunahme der Sommertage um 10 Tage, der heißen Tage um 5 Tage,
- Veränderungseffekte für den Wasserkreislauf,
- Zunahme von Wetterextremen (Starkniederschläge und Stürme).

### Anpassungskapazität

#### **Wissen**

- Ist selektiv vorhanden, muss erweitert und integriert werden.
- Wirksamkeit muss abschätzbar werden.

#### **Wollen**

- Ratsbeschlüsse/Verbandsbeschlüsse/...

#### **Können**

- Abhängig von gewählter Handlungsoption und deren Komplexität.
- Abhängig von Ressourcen.

#### **Dürfen**

- „Umweltgesetzbuch (noch in der Planung)“/Baugesetzbuch/Kommunalrecht NRW/Klimaschutzgesetz NRW/SGBs und diverse sonstige Rechtsmaterien.

#### **Müssen**

- „Umweltgesetzbuch (noch in der Planung)“/Baugesetzbuch/Kommunalrecht NRW/Klimaschutzgesetz NRW/SGBs und diverse sonstige Rechtsmaterien.

### 5.9.1 Zielkonkretisierung, Entscheidungsbedarf, Handlungsoptionen

#### **Zielkonkretisierung**

- Gewährleistung öffentlicher Daseinsvorsorge.
- Gewährleistung körperlicher Unversehrtheit/Gesundheit.
- Gewährleistung sozialer Gerechtigkeit.
- Gewährleistung persönlicher Freiheit.
- Gewährleistung demokratischer Teilhabe.

#### **Entscheidungsbedarf**

- Agenda-Setting
- Rechtliche Kodifizierung der Klimaanpassung.
- Festlegung von Zuständigkeiten im Mehrebenensystem.
- Instrumentierung (Strukturen, Verfahren, Programme, Ressourcen).
- Beteiligung von BürgerInnen.



**Handlungsoptionen**

- Nicht Handeln.
- Graduelles Anpassen.
- Integriertes Anpassen.
- Strategisches Gestalten.

**5.9.2 Informationsbedarf, Informationsstruktur****Informationsbedarf**

- Auswirkungen der Temperaturveränderungen, der Wasserkreislauffeffekte und der Extremwetterereignisse auf die oben genannten Ziele.
- Umsetzung von Handlungsoptionen in Policies (Handlungsprogramme).
- Auswirkungen der Policies (Implementations- und Wirkungsanalyse).
- Kosten der Policies.

**Informationsstruktur**

Wurde noch nicht festgelegt.

**5.9.3 Monitoringstrategie/Strategie zum Vorgehen**

Je nach gewählter Handlungsoption:

**Öffentliche Daseinsvorsorge**

- Wassersensible Stadt/sichere Wasserversorgung/Vorrang einzelner Wassernutzer bei Konkurrenz.
- Sichere Energieversorgung im reg. Kontext gewährleisten.

**Körperliche Unversehrtheit / Gesundheit**

- Stadtklima, Bebauungs-/Flächennutzungs-/ Regionalplanung.
- Öffentliches Gesundheitswesen fördern/ausbauen.

**Soziale Gerechtigkeit**

- Bildung und Arbeit.
- Wohnen/Freiraum.
- Alternde Gesellschaft/Klimawandel.

**Persönliche Freiheit / demokratische Teilhabe**

- Einschränkungen.
- Partizipationsmöglichkeiten.

**5.9.4 Messdaten**

Wurde noch nicht festgelegt.

**5.9.5 Messnetz**

Wurde noch nicht festgelegt.

### 5.9.6 Datenerhebung

Wurde noch nicht festgelegt.

### 5.9.7 Datenmanagement

Wurde noch nicht festgelegt.

### 5.9.8 Datenanalyse, Indikatoren, Informationsbereitstellung

#### **Indikatoren**

Eine Ableitung von Indikatoren könnte in Anlehnung an das System der European Foundation for Quality Management (EFQM) erfolgen:

#### **Vorgehen**

- Fundiert.
- Integriert.

#### **Umsetzung**

- Eingeführt.
- Systematisch.

#### **Bewertung / Überprüfung**

- Messung.
- Lernen.
- Verbesserung.

#### **Ergebnisse (BürgerInnen/Stakeholder/Policys / ...)**

#### **Informationsbereitstellung**

Wurde noch nicht festgelegt.

### 5.9.9 Bewertungssystem, Informationsnutzung im gesamten Monitoring

#### **Bewertungssystem (in Anlehnung an EFQM)**

- Kein Nachweis/aneddotische Nachweise.
- Einige Nachweise.
- Nachweise.
- Klare Nachweise.
- Umfassende Nachweise.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Anbindung/Berücksichtigung zahlreicher Benchmarkingsysteme für die öffentliche Verwaltung.

#### **Informationsnutzung**

Wurde noch nicht festgelegt.

## 7 WEITERE ENTWICKLUNG DES MONITORINGS

Das MHB stellt das Ergebnis eines 5-jährigen Diskussionsprozesses in *dynaklim* vor. Für viele der hier angerissenen Fragestellungen gibt es keine Vorbilder und Beispiele, so dass auch verständlich ist, dass für manche Anpassungsstrategien noch kein vollständiges und vor allem erprobtes Monitoringkonzept vorliegt.

Generell gilt für fast alle Anpassungsstrategien, dass diese erst noch in die Praxis umgesetzt werden müssen. Eine Ausnahme ist die Grundwasserbewirtschaftung (E3.1), zum einen weil das Grundwasser in der Emscher-Lippe-Region schon seit längerem intensiv beobachtet wird, und zum anderen weil zunehmend auch Grundwasserbewirtschaftungsmaßnahmen ergriffen werden.

Es bleibt deshalb abzuwarten, inwieweit die hier skizzierten Anpassungsstrategien umgesetzt werden und ob sich dann die konzipierten Monitoringkonzepte bewähren. Erfahrungsgemäß ist ein Monitoring immer ein dynamischer Prozess, der auf wechselnde Zielvorstellungen mit einer Anpassung der Indikatoren, des Bewertungssystems und der Handlungsoptionen, den vier wichtigen Bausteinen eines erfolgreichen Monitorings, reagiert.

## [LITERATURVERZEICHNIS]

BIRKE, M., HASSE, J./RAUSCHER, N./SCHWARZ, M. (2011a): Roadmapping als Verfahren der kooperativen Regionalplanung und Klimapolitik. Die *dynaklim*-Roadmap zur Klimaanpassung in der Emscher-Lippe-Region. In: profile. Internationale Zeitschrift für Veränderung, Lernen und Dialog, Nr. 21, S. 56-62.

BIRKE, M. HASSE, J., LIEBER, M. RAUSCHER, N., SCHWARZ, M. (2011b): Roadmap 2020 – Der Weg zu einer regionalen Klimaanpassungsstrategie.

BIRKE, M., SCHULTZE, J., HASSE, J. (2012): Roadmap 2012. Der erste Schritt zu einer Klimaanpassungsstrategie. Arbeitsversion zum *dynaklim*-Symposium 2012.

UNITES NATIONS: Strategies for Monitoring and Assessment of transboundary rivers, lakes and Groundwaters, Economic Commission for Europe, New York and Geneva 2006

UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment: Guidelines on Monitoring and Assessment of Transboundary Groundwaters, Work Programme 1996-1999, ISBN 9036953154, publ. by RIZA, Le-lystad, 2000

UFCCC Expert Meeting on socio-economic information under the Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change: Trinidad & Tobago, 3/2008

Indikatorenkonzept für die DAS: Indikatoren für den Umweltstatus und die Anpassungsmaßnahmen gemäß der deutschen Anpassungsstrategie (UBA FKZ 364 01 006), AN: Bosch & Partner

BAFU (Bundesamt für Umwelt) & BFS (Bundesamt für Statistik): Bericht Umwelt Schweiz. Bern 70 S., 2009

EEA: Impacts of Europe's changing climate – indicator based assessment [http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2008\\_4](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4), 2008

StaBa (Statistisches Bundesamt): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland 2008. Wiesbaden, 74 S., 2008

EUROSTAT: Measuring progress towards a more sustainable Europe -2007 monitoring report of the EU sustainable development strategy. Luxembourg, 313 S. [http://ec.europa.eu/sustainable/docs/estat\\_2007\\_sds\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/sustainable/docs/estat_2007_sds_en.pdf), 2007

GTZ 2004: Risikoanalyse – eine Grundlage der Katastrophenvorsorge

STOCK, M. (Ed.) (2005): KLARA - Klimawandel - Auswirkungen, Risiken, Anpassung, Potsdam Institute for Climate Impact Research, PIK Report 99, Potsdam 2005



**Ansprechpartner**

Jens Hasse  
hasse@fiw.rwth-aachen.de

Michaela Stecking  
stecking@fiw.rwth-aachen.de

**Projektbüro *dynaklim***

Mozartstraße 4  
45128 Essen

Tel.: +49 (0)201 104-33 39

***www.dynaklim.de***